Chauffage aux copeaux de bois pour les habitations et autres petits bâtiments

Préparé pour le ministère d'Énergie, Mines et Ressources Canada conformément au contrat nº 05SU.23380-0-6599 et traduit en français conformément au contrat nº 23380-2-6900.

Publié par le Secrétariat à l'énergie du Nouveau-Brunswick

Mars 1983

ISBN 0-88838-528-5

CHAUFFAGE AUX COPEAUX DE BOIS POUR LES HABITATIONS

ET AUTRES PETITS BÂTIMENTS

Caractéristiques et fonctionnement du système de chauffage

et

production de combustible à petite échelle

Par: J. Hermelin, Directeur
Service de consultation forestière
Ministère des ressources naturelles
Province du Nouveau-Brunswick

M. H. Schneider, Professeur
Département des ressources forestières
Faculté de foresterie
Université du Nouveau-Brunswick

C. A. Short, Professeur adjoint
Département de génie forestier
Faculté de foresterie
Université du Nouveau-Brunswick

Traduit Par: A. Carrière
Fredericton
Nouveau-Brunswick

Préparé pour le ministère d'Énergie, Mines et Ressources Canada conformément au contrat n° 05SU.23380-0-6599 et traduit en français conformément au contrat n° 23380-2-6900.

Autorité scientifique : Docteur S. M. Pneumaticos
Bureau de la conservation et des énergies renouvelables
Ministère d'Énergie, Mines et Ressources Canada

Février 1983

DÉNI DE RESPONSABILITÉ

Le présent rapport a été revisé par la Division des énergies renouvelables d'Énergie, Mines et Ressources Canada et approuvé avant sa diffusion. Cette approbation ne signifie pas nécessairement que le contenu reflète le point de vue et les politiques d'Énergie, Mines et Ressources Canada. La mention de marques déposées ou de produits commerciaux ne constitue pas une recommendation ou l'endossement de leur utilisation.

Energy, Mines and Resources Canada
Énergie Mines et Ressources Canada

Energy Sector
Secteur de l'énergie

Ottawa, Ontario
K1A 0E4

Ottawa (Ontario)
K1A 0E4

Ottawa
Le 28 mai 1982

Your file Votre référence

Our file Notre référence

Le présent rapport, préparé pour Énergie, Mines & Ressources Canada, représente la somme de renseignements et d'expérience que les auteurs ont tirés d'une démonstration financée par le Secrétariat à l'énergie du Nouveau-Brunswick. On y trouve une excellente vue d'ensemble de la situation actuelle concernant l'utilisation des copeaux de bois pour le chauffage résidentiel.

Les techniques analysées dans la présente étude laissent entrevoir la possibilité de résoudre un certain nombre de problèmes de sécurité, d'environnement et de commodité jusqu'à maintenant reliés aux installations de chauffage au bois conventionnelles. Grâce aux nouveaux appareils automatiques, il semble possible d'obtenir un meilleur rendement au chapitre de la combustion, ce qui aurait pour résultat de réduire les dépôts de matières inflammables dans la cheminée ainsi que le dégagement de matières dangereuses. Ces nouveaux appareils exigent moins d'entretien de la part du propriétaire que les appareils que l'on doit alimenter régulièrement. Ce seul facteur pourrait contribuer à étendre le marché des appareils de chauffage au bois au Canada.

L'intérêt du présent rapport pour Énergie, Mines et Ressources Canada est qu'il identifie les éléments de cette technologie qui demandent à être perfectionnés avant de pouvoir passer à l'étape de la commercialisation. Il est nécessaire de se pencher davantage sur la sécurité et certaines caractéristiques de fonctionnement des dispositifs de combustion. A cette fin, le laboratoire de recherche sur la combustion de notre ministère étudiera le rendement des appareils automatiques et le taux de dégagement dans la cheminée. De plus, ÉMR accorde son appui à l'Association canadienne de normalisation en vue d'en arriver à l'élaboration de normes applicables aux appareils automatiques de chauffage aux copeaux et aux pelotes de bois. Ce n'est qu'en effectuant des essais et en procédant à une certification selon des normes reconnues qu'on pourra d'une part évaluer la sécurité de ces appareils et d'autre part accorder un certain degré d'assurance aux propriétaires qui désirent les adopter pour chauffer leur maison.

Les auteurs du présent rapport pourront poursuivre leurs recherches, grâce au financement qui leur est accordé en vertu de l'entente Canada/ Nouveau-Brunswick de démonstration des économies d'énergie et des énergies renouvelables, et ils aborderont les questions relatives à la récolte, au traitement et au stockage des copeaux de bois dans la maison. D'autres questions méritent également une étude plus attentive: le facteur économique de l'approvisionnement en bois, la mise en place de l'infrastructure nécessaire pour l'approvisionnement et les solutions à apporter aux problèmes reliés au stockage des copeaux dans la maison. Les

.../2

Canada

Energy, Mines and Resources Canada
Energy Sector
Ottawa, Ontario
K1A 0E4

Énergie, Mines et Ressources Canada
Secteur de l'énergie
Ottawa (Ontario)
K1A 0E4

Your file / Votre référence

Our file / Notre référence

connaissances obtenues à la suite de cette étude nous permettront de franchir une autre étape vers le but ultime que représente la commercialisation.

La gamme des avantages potentiels de ces installations est plutôt impressionnante. En effet, elles représentent une nouvelle possibilité de remplacement du pétrole importé, une meilleure utilisation de nos ressources forestières, une plus grande sécurité, des dégagements moins polluants et de nouvelles possibilités d'emploi sur le marché local. Grâce à ces premières étapes de perfectionnement et de démonstration, l'industrie peut maintenant préparer, avec l'aide du gouvernement, le fondement si important à la réalisation de ce potentiel.

S. M. Pneumaticos

Stelios M. Pneumaticos
Chef adjoint, Programmes sur
les énergies renouvelables

Bureau de la conservation
et des énergies renouvelables
Edifice Sir William Logan
580, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A 0E4

Canada

SOMMAIRE

Il est possible d'obtenir des copeaux de bois de bonne qualité à un prix relativement peu élevé à partir de résidus forestiers. Cette sorte de combustible peut être utilisée d'une manière commode, propre et efficace dans divers types d'appareils. Les facteurs à considérer en ce qui concerne le choix, l'installation et le fonctionnement des installations de chauffage aux copeaux de bois sont traités dans la présente brochure.

Les diverses méthodes d'exploitation et les questions sylvicoles reliées à la récolte des matières forestières pour la production des copeaux sont également traitées, de même que les méthodes de séchage et d'entreposage des copeaux.

Mots clés: Énergie, biomasse, copeaux de bois, chauffage résidentiel chauffage de la ferme, foyer mécanique, réchauffeur, fournaise, chaudière, récolte de la biomasse, récolte du bois, lot boisé.

CHAUFFAGE AUX COPEAUX DE BOIS POUR LES HABITATIONS ET AUTRES PETITS BÂTIMENTS

PRÉFACE

Le but de la présente brochure est de vous renseigner sur les caractéristiques des appareils de chauffage central actuellement disponibles qui sont alimentés aux copeaux de bois ainsi que sur la production des copeaux de bois. Le présent exposé porte uniquement sur les appareils de chauffage conçus pour les maisons unifamiliales, les petits immeubles de résidence, les petits bâtiments commerciaux et les petits établissements publics. Les méthodes de production des copeaux de bois discutées ici conviennent particulièrement à l'exploitation des petits lots boisés et à l'investissement de petits capitaux. La présente brochure s'adresse donc à ceux qui sont chargés du choix et du fonctionnement des appareils de chauffage dans ce genre de bâtiments, à ceux qui s'occupent de l'installation et de l'entretien des appareils de chauffage et aux producteurs de copeaux de bois.

L'un des auteurs de la brochure, Joakim Hermelin, est un forestier qui a accumulé de l'expérience dans la gestion et l'exploitation des lots boisés en Suède et dans les provinces Atlantiques du Canada. Tony Short est ingénieur en mécanique et en foresterie, et Marc Schneider est un scientifique et un technologue du bois. Tous deux gèrent un projet de chauffage résidentiel aux copeaux de bois commandité par le Secrétariat à l'énergie de la province du Nouveau-Brunswick. Dans le cadre de ce projet, tous deux chauffent leur maison aux copeaux de bois depuis plus de deux ans. Ils gèrent également un projet d'approvisionnement en copeaux de

bois commandité par les gouvernements du Canada et du Nouveau-Brunswick en vertu du programme de démonstration des économies d'énergie et des énergies renouvelables. Une bonne partie des connaissances présentées dans la présente brochure résultent, directement ou indirectement, de ces projets.

Les auteurs remercient:

J.R. (Ted) Bedard, Professeur, École de science forestière des Maritimes,

H.W. (Hank) Blenis, Directeur, École de science forestière des Maritimes,

Verne Ireton, Professeur de génie mécanique à UNB et

John L. Williamson, Sous-ministre, Secrétariat à l'énergie du Nouveau-Brunswick, dont l'enthousiasme, les encouragements, l'aide, le dévouement et la vision ont permis la réalisation du projet de chauffage aux copeaux de bois et, par conséquent, celle de la présente brochure.

Les responsables du projet de combustion du bois de l'Île-du-Prince-Édouard ont eu la gentillesse de nous faire part de leurs connaissances. Nous devons remercier tout particulièrement Rob Brandon de l'"Institute of Man and Resources", Art Wright de "Island Energy Associates", et Dave Murray de "Crowfield Associates".

C'est Lucie Brunnelle qui a illustré notre brochure. Tom McKegney a contribué à l'amélioration du texte grâce à son expérience de la rédaction. Marlene Brown est la dactylographe particulièrement compétente et enthousiaste qui nous a également fait part de ses commentaires du point de vue de la rédaction. Le travail de photographie et de préparation des illustrations a été confié à la Direction des services photographiques du ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick.

PRÉFACE DE L'ÉDITION FRANCAISE

La version anglaise originale du présent livre a été traduite en français par André Carrière avec l'aide de Dina Ouellet qui a dactylographié la version préliminaire. Le texte final prêt à être photographié a été dactylographié par Paule Ans et Paulette Bourque d'Officetemps. Les auteurs sont redevables à ces personnes et à Officetemps pour leur intérêt et leur aide.

L'édition française a été préparée pour la Division des énergies renouvelables, Bureau de la conservation et des énergies renouvelables d'Énergie, Mines et Ressources Canada conformément au contract n° 23380-2-6900.

TABLES DES MATIÈRES

		PAGE
	PRÉFACE	ii
	PRÉFACE À L'ÉDITION FRANÇAISE	iv
1.	INTRODUCTION	
1.1	Principes directeurs	1
1.2	L'expérience scandinave du chauffage aux copeaux de bois	2
2.	PRINCIPES FONDAMENTAUX DU CHAUFFAGE AUX COPEAUX DE BOIS	
2.1	Avantages du chauffage aux copeaux de bois	5
2.2	Appareils de chauffage aux copeaux de bois: choix possibles	7
3.	MISE EN PLACE DE L'APPAREIL	
3.1	Réfection de bâtiments existants	10
3.2	Nouveaux bâtiments	14
4.	INSTALLATION ET SÉCURITÉ	
4.1	Espace requis pour l'appareil et l'entreposage du combustible	16
4.2	Spores et poussières dans les copeaux de bois	18
4.3	Exigences du Code de sécurité	19
4.4	Considérations relatives à l'assurance	21
5.	DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DE L'APPAREIL	
5.1	Combustion des copeaux de bois	24
5.2	Description des dispositifs du foyer mécanique	24
5.3	Fonctionnement et entretien du foyer mécanique	32
5.4	Description des dispositifs du réchauffeur	34
5.5	Fonctionnement et entretien du réchauffeur	40
5.6	Analyse du rendement	42
5.7	Dépannage	44
6.	L'APPROVISIONNEMENT EN COPEAUX DE BOIS	
6.1	Méthodes de récolte: éclaircies précommerciales	47
6.2	Méthodes de récolte: éclaircies commerciales	51
6.3	Méthodes de récolte: coupe rase ou définitive	58
6.4	Méthodes de récolte: opérations de nettoyage	59
6.5	Coupeuse-déchiqueteuse montée sur tracteur agricole	59
6.6	Séchage	59
6.7	Possibilités pour l'organisation de l'approvisionnement	64

PAGE

7. EFFETS DE LA QUALITÉ DES COPEAUX SUR LEUR RENDEMENT ET LEUR FACILITÉ D'ENTREPOSAGE

7.1 Teneur en humidité 66
7.2 Densité et essences 67
7.3 Valeur marchande des copeaux de bois 69
7.4 Grosseur des copeaux 69
7.5 Matières étrangères 74

8. CONSIDÉRATIONS FINANCIÈRES

8.1 Coût de l'appareil 78
8.2 Frais d'installation 78
8.3 Entretien 79
8.4 Coût du combustible 79
8.5 Coût du silo 80

9. RÉSUMÉ 81

ANNEXES

I GLOSSAIRE DES TERMES TECHNIQUES
II TABLE DE CONVERSION
III COURBES DE RENDEMENT
IV PRÉCISIONS SUR LES MAISONS DE FREDERICTON CHAUFFÉES AUX COPEAUX DE BOIS
V GUIDE D'OUVRAGES À CONSULTER
VI INDEX PERSONNEL

LISTE DES ILLUSTRATIONS

FIGURE		PAGE
1.1	Où devrait-on envoyer le bois?	3
2.1	Foyer mécanique connecté à un appareil de chauffage	7
2.2	Réchauffeur connecté à un appareil de chauffage	8
3.1	Chaudière typique	11
4.1	Quantité de copeaux requise pour un foyer mécanique	18
5.1	Boîte de dérivation	26
5.2	Foyer mécanique à alimentation par le dessus	27
5.3	Foyer mécanique à alimentation par en-dessous	28
5.4	Grille de foyer à alimentation par en-dessous	29
5.5	Foyer mécanique connecté à une chambre de précombustion	31
5.6	Réchauffeur - Vue d'ensemble	34
5.7	Réchauffeur - Détails	36
5.8	Réchauffeur - Commandes mécaniques	38
5.9	Grilles de réchauffeur - réglage	39
6.1	Ebranchage grossier	47
6.2	Méthode de récolte manuelle	48
6.3	Récolte manuelle à l'aide d'un treuil	49
6.4	Récolte manuelle avec un treuil et une débusqueuse	50
6.5	Récolte par arbres entiers	52
6.6	Récolte de bois courts à l'aide d'un treuil	53
6.7	Récolte de bois courts/fûts entiers	54
6.8	Exploitation de tout l'arbre	55
6.9	Récolte par bois courts	56
6.10	Récolte par fûts entiers	57
6.11	Séchage des copeaux dans un silo	62
6.12	Séchoir à grains utilisé pour les copeaux	63
6.13	Séchage des copeaux par ventilation	63
6.14	Possibilités pour l'exploitation et la distribution	65
III.1	Courbes d'excès d'air	
III.2	Courbes de rendement du bois absolument sec	
III.3	Courbe de rendement du bois à 25 % d'humidité	
III.4	Courbe de rendement du bois à 40 % d'humidité	

1. INTRODUCTION

1.1 Principes directeurs

1.2 Expérience scandinave du chauffage aux copeaux de bois

1. INTRODUCTION

1.1 Principes directeurs

L'énergie, peu importe d'où elle provient, coûte de plus en plus cher. Les réserves globales de combustible fossile sont limitées et, même si un type quelconque de combustible peut sembler en abondance suffisante pour l'instant, rien ne nous assure qu'aucun type de combustible sera disponible, ou offert à un prix raisonnable, dans une décennie ou deux. Il a fallu au moins trois décennies pour que les habitudes relatives au choix du combustible utilisé pour le chauffage se modifient. En effet, c'est à la fin des années 1940 et au début des années 1950 qu'on a commencé à remplacer le charbon par le pétrole. Aujourd'hui, au début des années 1980, les pressions économiques et les politiques gouvernementales encouragent les propriétaires de maisons et autres à remplacer le pétrole par d'autres sources d'énergie. Cette solution de rechange est particulièrement attrayante dans les régions situées à proximité de terres boisées.

Plusieurs types d'appareils de chauffage alimentés aux copeaux de bois ont été perfectionnés récemment et seront bientôt sur le marché en Amérique du Nord. Les pays scandinaves utilisent ce genre d'appareils depuis déjà un bon moment. La présente brochure décrit divers appareils de chauffage aux copeaux de bois et explique leur fonctionnement. Elle décrit également la préparation des copeaux de bois et leurs caratéristiques. Le terme "teneur en humidité" revient tout au long de la présente brochure et vous pourrez trouver ailleurs sa définition complète. Partout où on l'utilise, le taux indiqué est établi par rapport au bois sec.

Le texte se présente sous deux formes. L'information plus générale, donc moins technique, est à double interligne. Les exposés plus en détail sont à simple interligne et encadrés.

1.2 Expérience scandinave du chauffage aux copeaux de bois

Un bref coup d'oeil sur ce qui se passe dans les pays scandinaves pourra nous aider à percevoir quelques-uns des problèmes qui nous préoccupent actuellement ou qui pourraient éventuellement se présenter au Canada.

Les pays scandinaves subissent des pressions économiques et politiques de plus en plus fortes en ce qui à trait au remplacement de l'énergie pétrolière coûteuse par d'autres sources, l'une d'elles étant la fibre de bois. Tout au long de ce processus de remplacement, un certain nombre de questions importantes se sont présentées. Le but est de mettre au point des sources énergétiques qui puissent servir de complément aux utilisations industrielles de la fibre de bois, et non pas entrer en concurrence avec elles. Il s'agirait idéalement d'utiliser le bois qui actuellement n'est pas exploité par l'industrie forestière, notamment les résidus des opérations d'abattage et de débusquage, les résidus des éclaircies précommerciales, les souches et les essences non-commerciales, soit tout ce qui constitue ce qu'on appelle également "l'énergie forestière" ou la "biomasse forestière".

L'industrie forestière scandinave possède déjà un système bien perfectionné qui permet d'utiliser les résidus tels que l'écorce, les dosses, la sciure et les produits chimiques usagés qui proviennent du processus industriel. Il ne reste plus d'autres sources d'énergie à découvrir dans ce secteur. Elles ont déjà toutes été identifiées et sont toutes bien utilisées.

Afin de bien planifier l'utilisation de l'énergie forestière, on a divisé les consommateurs en quatre groupes distincts:

1. Les maisons et les fermes individuelles situées dans les régions principalement rurales.
2. Les établissements consommateurs, comme les écoles, les hôpitaux, et les édifices publics.
3. Les entreprises de service public qui s'occupent de la production de chaleur ou d'électricité, ou les deux.
4. L'industrie forestière.

Normalement, la production des copeaux de bois pour le premier groupe, les maisons et les fermes individuelles situées dans les régions rurales, devrait pouvoir être réalisée localement, dans bien des cas par le propriétaire lui-même ou un entrepreneur local. L'équipement nécessaire est plutôt simple et peu coûteux. Bien souvent, on peut se servir du tracteur agricole comme source d'énergie. Et on peut trouver bien d'autres outils et ressources existantes qui peuvent servir pour l'exploitation, le transport et l'entreposage.

Le deuxième groupe, les établissements, doit compter sur un système d'approvisionnement fiable à long terme. Ce groupe produit rarement ses propres copeaux. Il les achète plutôt d'un producteur dont la production est suffisamment importante pour garantir l'approvisionnement. Les producteurs qui font partie de cette catégorie sont: les associations de propriétaires de lots boisés, les gros entrepreneurs ou les entreprises industrielles qui possèdent leur propre système d'exploitation, de transformation et de transport.

Le troisième groupe, les entreprises de service public, ressemble au groupe précédent, sauf que ses besoins sont plus importants et qu'il doit pouvoir compter sur des contrats assurés d'approvisionnement à long terme

Le quatrième groupe, l'industrie forestière, est dans la situation avantageuse de posséder déjà sa propre infrastructure industrielle très perfectionnée d'exploitation, de transport, de transformation et d'entreposage. Elle peut facilement adapter son système normal d'exploitation pour y inclure une nouvelle composante, l'énergie forestière. Dans bien des cas, l'industrie forestière peut également utiliser ce produit (les copeaux de bois) dans son processus existant de production d'énergie, ou encore elle peut prendre des ententes contractuelles avec les consommateurs des catégories deux ou trois (établissements ou entreprises de service public) pour l'ensemble ou une partie de leurs besoins.

Dans les pays scandinaves, les groupes un et quatre peuvent déjà compter sur un système d'exploitation dont le processus est en continuel perfectionnement. Il subsiste toutefois de grandes hésitations concernant les techniques d'approvisionnement pour les consommateurs du deuxième et tout particulièrement du troisième groupe. Lorsque l'énergie se fait rare, il peut être tentant d'utiliser les matières premières industrielles pour la production de copeaux de bois. Les établissements ou les entreprises de service public faisant face à une pénurie de combustible pourraient bientôt payer beaucoup plus que l'industrie forestière, dont les produits doivent être concurrentiels sur le marché international. Le producteur de copeaux de bois pourrait ainsi obtenir un prix bien plus élevé, mais c'est l'ensemble de la société qui y perdrait, étant donnné que les matières premières seraient reservées à un usage dont les retombées économiques globales sont plus faibles que dans le secteur industriel.

Figure 1.1

Le dilemme du producteur. Quel usage devrait-on faire du bois?

Les pays scandinaves possèdent un système sylvicole perfectionné et bien organisé. On peut y compter sur une excellente réserve de travailleurs qualifiés dans les régions rurales. On y trouve l'outillage approprié, comme les tracteurs agricoles, et l'équipement nécessaire, comme les treuils, les remorques et les coupeuses-déchiqueteuses, pour l'exploitation forestière. Grâce à cette infrastructure, la fibre de bois provenant des éclaircies et des essences non-commerciales peut régulièrement être récoltée et transformée en copeaux de bois. Avant que l'utilisation des copeaux de bois pour le chauffage soit répandue au Canada, il faudra faire la démonstration des appareils servant à leur combustion. Il faudra de plus mettre en place l'infrastructure nécessaire pour récolter, transformer et distribuer les copeaux de bois.

2. PRINCIPES FONDAMENTAUX DU CHAUFFAGE AUX COPEAUX DE BOIS

2.1 Avantages du chauffage aux copeaux de bois

2.1.1 Avantages techniques et pratiques
2.1.2 Commodité
2.1.3 Avantages économiques
2.1.4 Avantages sylvicoles

2.2 Appareils de chauffage aux copeaux de bois: choix possibles

2.2.1 Foyers mécaniques
2.2.2 Réchauffeurs
2.2.3 Comparaison: foyers mécaniques et réchauffeurs

2. PRINCIPES FONDAMENTAUX DU CHAUFFAGE AUX COPEAUX DE BOIS

2.1 Avantages du chauffage aux copeaux de bois

Il y a bien des avantages à l'utilisation du bois sous forme de copeaux plutôt que sous sa forme traditionnelle de bois fendu ou de gros morceaux de bois. Ces avantages peuvent se diviser en quatre catégories.

2.1.1 Avantages techniques et pratiques

Lorsqu'il est sous forme de copeaux, le bois de chauffage peut être transporté d'un endroit à un autre en utilisant diverses méthodes de transport mécaniques. Il est très facile de sécher, livrer, et entreposer les copeaux de bois.

Grâce à un dispositif mécanique, le feu est alimenté en copeaux de bois seulement lorsqu'il est nécessaire de réchauffer la maison. Dans un foyer mécanique bien conçu, le combustible brûle dans un petit feu très chaud qui le consume complètement. Par conséquent, il n'y a à peu près pas de fumée, s'il en est, et les dépôts de créosote sont si minimes qu'ils ne présentent aucun danger et le taux de pollution de l'air est très faible. Le rendement est excellent, tant pour la combustion que pour le chauffage saisonnier, et ceci représente des économies de combustible. Le rendement des réchauffeurs est meilleur que celui de la plupart des appareils de chauffage alimentés avec de gros morceaux de bois, mais il ne vaut pas celui d'un foyer mécanique bien conçu.

> Les appareils de chauffage alimentés avec de gros morceaux de bois ont habituellement un rendement qui se situe à environ 50 % à 60 % pour la combustion et probablement entre 35% et 40 % pour le chauffage saisonnier. Les foyers mécaniques alimentés aux copeaux de bois utilisés dans les maisons expérimentales de Fredericton ont donné un rendement qui se situe entre 70 % et 80 % pour la combustion et qui semble donner un résultat d'environ 50 % en ce qui a trait au chauffage saisonnier.

2.1.2 Commodité

Pour faire fonctionner ce genre d'appareil, il suffit de s'assurer que la trémie à copeaux est bien remplie et l'appareil s'alimente ensuite

automatiquement. La fréquence des soins requis par la suite dépend de la grosseur du silo à copeaux et de la quantité de chaleur requise. Les dispositifs d'alimentation mécanique actuellement sur le marché exigent le remplissage du coffre-trémie une fois par jour au cours de l'hiver. Cette fréquence est réduite à environ une fois par semaine au cours des "mois intermédiaires" (début de l'automne et fin du printemps). Les trémies de réchauffeur nécessitent un remplissage plus fréquent. Avec de grands silos de foyer mécanique pouvant contenir environ deux tonnes de copeaux, le remplissage serait éliminé complètement puisque le silo pourrait être rempli selon un calendrier d'approvisionnement fixé à l'avance, comme c'est le cas pour la livraison du mazout.

2.1.3 Avantages économiques

Les copeaux de bois sont produits localement et ils entraînent par conséquent des retombées économiques sur la localité et sa population active. Les copeaux de bois représentent une source d'approvisionnement plutôt sûre puisque que cette dernière ne peut être menacée par les pertubations sociales ou politiques qui se produisent à l'étranger.

La fabrication, la vente et l'entretien des appareils servant tant à l'exploitation qu'à la combustion des copeaux de bois peuvent également stimuler l'économie locale.

2.1.4 Avantages sylvicoles

L'utilisation des copeaux de bois en tant que combustible crée un marché pour les matières forestières actuellement inutilisées. Ceci comprend les branches et la cime des arbres exploités commercialement, les essences indésirables n'ayant aucune valeur commerciale et les arbustes qui sont coupés lors des éclaircies commerciales.

Les branches et les cimes sont habituellement abandonnées sur les lieux de l'abattage et pourrissent graduellement. Dans certains cas, on les amasse à la main ou mécaniquement et on les entasse pour les brûler. On se sert parfois de bulldozers pour les pousser dans les andains afin d'aménager de nouveaux sites de plantation. Si on ne les enlève pas,

les branches et les cimes gênent l'accès à la forêt pour des fins sylvicoles ou récréatives. Le fait de transformer ces résidus en copeaux de bois et de les vendre comme combustible représente un revenu additionnel pour le propriétaire de lot boisé tout en lui permettant de dégager ses terres de ces matières indésirables. Ce revenu additionnel peut servir à ensemencer à nouveau les terres déboisées. L'éclaircie forestière améliore la croissance des arbres. Le coût de l'éclaircie peut être compensé par la transformation des déchets de l'éclaircie en copeaux de bois. De la même façon, le coût du défrichage pourrait être équilibré par le revenu provenant de la vente des copeaux fabriqués à partir des essences indésirables.

2.2 Appareils de chauffage aux copeaux de bois: choix possibles

Il y a deux types principaux d'appareils de chauffage aux copeaux de bois qui se prêtent bien aux installations résidentielles et aux petits bâtiments commerciaux/publics: les foyers mécaniques et les réchauffeurs alimentés par gravité.

2.2.1 Les foyers mécaniques

Les foyers mécaniques utilisés pour les copeaux de bois consistent en une trémie servant à emmagasiner une certaine quantité de copeaux, en une vis de transport (ou vis d'alimentation) actionnée par un moteur electrique et servant au transport des copeaux à partir de la trémie, et en une grille de

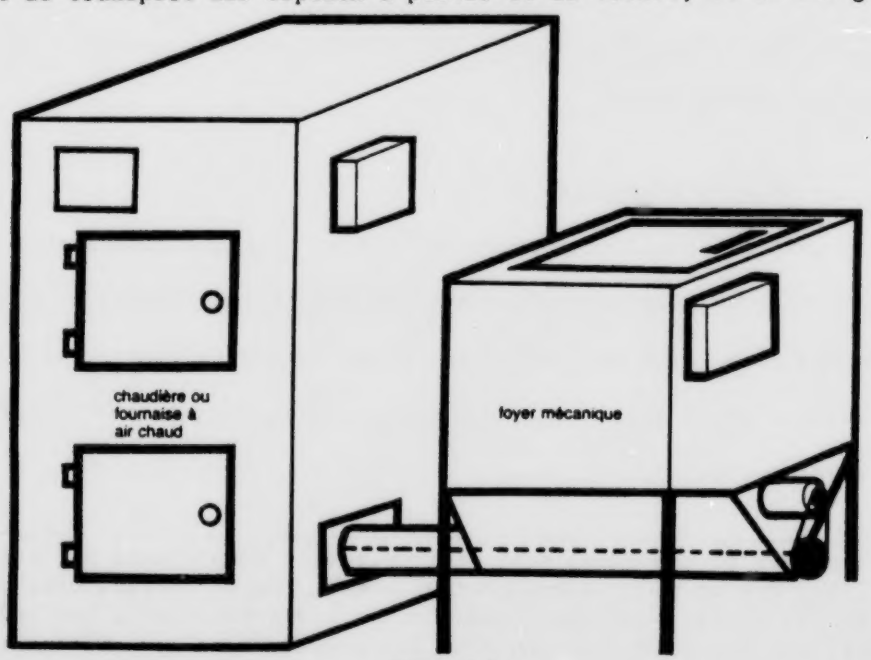


Figure 2.1

Apparence générale d'un foyer mécanique connecté à un appareil de chauffage.

combustion sur laquelle brûlent les copeaux. De plus, ces foyers sont munis d'un mécanisme quelconque visant à s'assurer que les copeaux descendent au fond de la trémie, d'un dispositif de prévention pour empêcher les retours de flamme et des commandes nécessaires pour assurer leur bon fonctionnement. La plupart ont également un ventilateur qui produit un courant d'air puissant pour alimenter la combustion.

2.2.2 Réchauffeurs

Les réchauffeurs utilisés pour le chauffage aux copeaux de bois sont munis d'une trémie pour l'entreposage des copeaux située directement au-dessus de la grille de la chambre de combustion. L'alimentation en copeaux se fait par gravité. La grille qui se trouve dans la chambre de combustion est surmontée d'une arche de combustion en acier inoxidable ou en céramique. Les réchauffeurs comprennent également des prises d'air, un régulateur thermostatique de tirage et un tunnel isolé et à l'épreuve du feu reliant le réchauffeur et la chambre de combustion de la fournaise ou de la chaudière. Ces appareils ressemblent aux brûleurs à sciures utilisés il y a 30 ou 40 ans et qui sont présentement en voie de réapparition. Certains réchauffeurs sont munis de commandes mécaniques et fonctionnent sans électricité. D'autres ont des registres à commandes électriques.

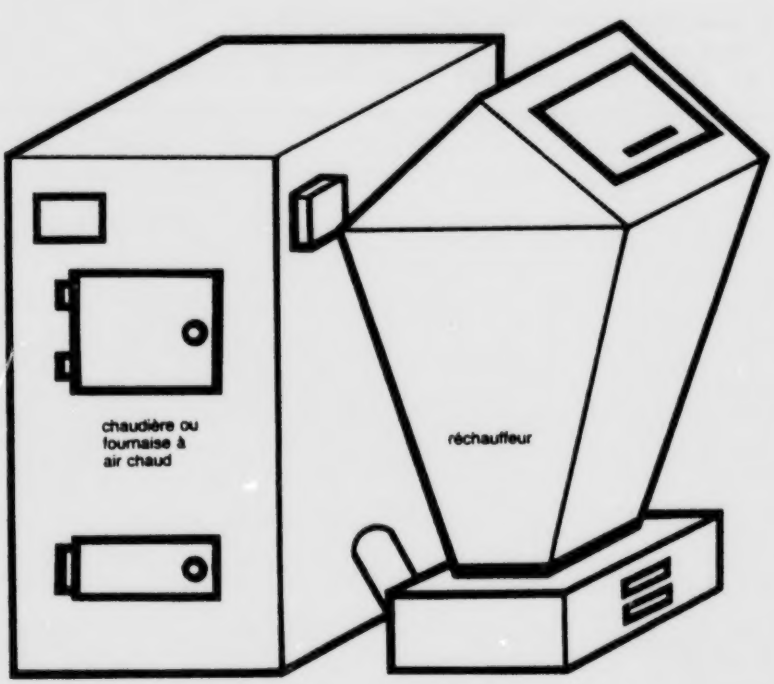


Figure 2.2

Apparence générale d'un réchauffeur connecté à ur appareil de chauffage.

2.2.3 Comparaison: foyers mécaniques et réchauffeurs

Les réchauffeurs présentent les avantages suivants:
- un coût initial moins élevé
- leur fonctionnement ne requiert aucune énergie électrique

mais ils possèdent également les désavantages suivants:
- ils exigent plus d'entretien manuel
- leur consommation de combustible est plutôt élevée
- le rendement calorifique minimum est plutôt élevé et ils peuvent surchauffer certains bâtiments à l'automne et au printemps
- il faut utiliser des copeaux humides
- les fuites dans la trémie ou le manque d'attention en fermant la trémie peuvent causer un danger d'incendie.

Les foyers mécaniques présentent les avantages suivants:
- leur capacité de brûler des copeaux secs ou humides
- leur taux de rendement est facilement réglable selon les besoins de chaleur
- un thermostat commande le fonctionnement de l'appareil comme c'est le cas pour les appareils au mazout et au gaz
- leur fonctionnement est efficace
- leur consommation de combustible est plutôt faible
- il n'est pas nécessaire de s'occuper souvent de l'appareil
- leur très grande sécurité

mais ils possèdent les désavantages suivants:
- leur prix est plutôt élevé
- il faut les connecter à une source d'énergie.

3. MISE EN PLACE DE L'APPAREIL

3.1 Réfection de bâtiments existants

3.1.1 Chaudières et fournaises
3.1.2 Tuyau de fumée et cheminée
3.1.3 Travaux de plomberie et de tuyauterie
3.1.4 Commandes et installation des fils
3.1.5 Chauffage d'appoint

3.2 Nouveaux Bâtiments

3.2.1 Livraison du combustible
3.2.2 Entreposage du combustible
3.2.3 Chauffage d'appoint
3.2.4 Emplacement de la cheminée

3. MISE EN PLACE DE L'APPAREIL

3.1 Réfection des bâtiments et des appareils existants

Certains types d'installations existantes se prêtent à une conversion aux copeaux de bois, notamment les installations de chauffage à eau chaude ou à circulation forcée. Il est également impossible de convertir directement en un système central alimenté aux copeaux les installations de plinthes électriques ou encore les dispositifs de panneaux rayonnants de plafond. En effet, il faudrait alors installer un appareil de chauffage à eau chaude ou à air forcé afin de distribuer la chaleur dans le bâtiment.

3.1.1 Chaudières et fournaises

Dans la plupart des cas, pour des raisons reliées à la certification des appareils et au coût de la réalisation des modifications sur mesure, le rattrapage d'un appareil de chauffage afin de pouvoir utiliser des copeaux de bois nécessitera l'installation d'une nouvelle chaudière ou d'une nouvelle fournaise. Si l'espace le permet, le nouvel appareil pourra être installé à la place qu'occupait l'ancien appareil. Etant donné que les foyers mécaniques ou les réchauffeurs actuels doivent être installés près de la chaudière ou de la fournaise, il est bon d'en tenir compte au moment du choix de l'appareil. Bien des appareils sont conçus de manière à pouvoir être connectés au foyer mécanique ou au réchauffeur sur au moins deux côtés. Les appareils de chauffage au bois produisent des cendres fines et des particules de suie qui sont facilement soulevées et transportées loin du feu par le gaz de combustion. Ces particules se déposent habituellement sur les parties horizontales de la chaudière ou de la fournaise et dans les tuyaux de fumée reliant l'appareil à la cheminée. C'est pourquoi les chaudières ou fournaises destinées au chauffage aux copeaux de bois devraient être conçues de manière à être faciles à nettoyer.
Une caractéristique importante à rechercher est la présence de tubes

ou passages horizontaux dans la sectionoù se produit l'échange de chaleur.

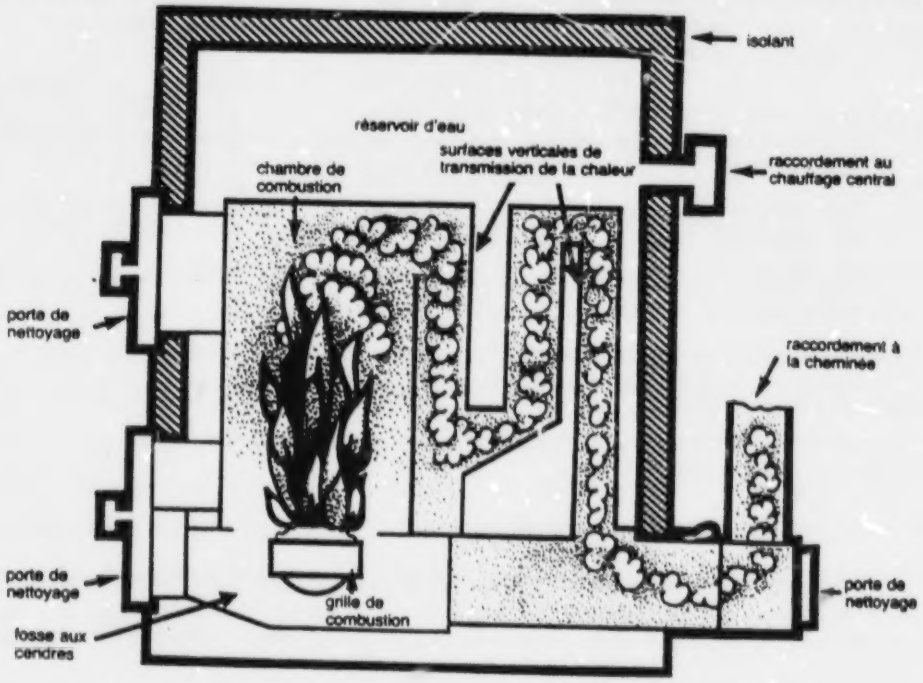


Figure 3.1
Chaudière typique

Les facteurs dont il faut tenir compte dans le choix d'un appareil de chauffage incluent les surfaces verticales de transmission de la chaleur et la présente d'ouvertures de nettoyage pratiques.

Lors de la conversion d un appareil de chauffage aux copeaux de bois, il est parfois possible de conserver la chaudière ou la fournaise existante. Cette possibilité dépend des dimensions et de la conception de la chambre de combustion et de l'état général de l'appareil. La chambre de combustion devrait comprendre une ouverture suffisante pour y raccorder le foyer mécanique ou le réchauffeur, ainsi qu'une ouverture pour l'enlèvement des cendres. Dans ce cas, l'entrepreneur en chauffage pourra modifier la chaudière ou la fournaise existante en pratiquant les ouvertures nécessaires.

S'il est nécessaire d'agrandir, par-dessous l'appareil, l'espace servant de fosse aux cendres et de chambre de combustion, il faut soulever l'appareil d'environ 30 centimètres (12 pouces). La hauteur libre, y compris les dégagements règlementaires, doivent permettre ce genre de modification. Dans la plupart des cas, le coût des modifications excède celui de l'achat et de l'installation d'un appareil destiné à cet usage.

Certaines chaudières et fournaises conçues originellement pour la combustion du charbon et converties plus récemment au mazout pourraient convenir tout particulièrement pour la combustion des copeaux de bois. Ces appareils devraient avoir:

- une ouverture suffisante pour insérer dans la chambre de combustion le dispositif de combustion des copeaux comprenant une grille et un conduit réfractaire;
- une ouverture permettant d'enlever facilement les cendres accumulées dans la chambre de combustion:
- une porte permettant de pouvoir facilement vérifier l'état du feu; et
- un registre de tirage d'air connecté à la chambre de combustion, dans le cas où on ferait usage d'un réchauffeur.

Si les conditions susmentionnées sont respectées, on peut alors conserver l'appareil existant.

3.1.2 Tuyau de fumée et cheminée

Les raccordements du tuyau de fumée entre la chaudière ou la fournaise et la cheminée devraient également être pris en considération. La dimension du tuyau de fumée devrait être approximativement la même que celle de la sortie de l'appareil. Le tuyau de fumée lui-même devrait être aussi court que possible. Un registre barométrique devrait être installé dans le tuyau de fumée, comme dans un appareil de chauffage au mazout, afin de permettre de bien contrôler le courant d'air au-dessus du feu. Si la cheminée est suffisante pour un appareil de chauffage au mazout, elle sera sûrement acceptable pour un foyer mécanique alimenté aux copeaux de bois. Il est recommandé de faire inspecter la cheminée afin de s'assurer qu'elle est en bon état. La section 4 porte sur le Code du bâtiment et sur les exigences de l'ACNOR.

3.1.3 Travaux de plomberie et de tuyauterie

Les raccordements de tuyaux entre la nouvelle chaudière et la plomberie existante sont simples. Ceci permet une plus grande flexibilité pour l'emplacement et l'orientation de la chaudière. Les conduits des installations de chauffage à air chaud, à cause de leurs dimensions, peuvent représenter des

difficultés au moment de l'installation de la fournaise. Idéalement, cette dernière devrait être installée de manière à ce qu'il ne soit pas nécessaire de déplacer les plénums à air chaud et à air froid.

3.1.4 Commandes et installation des fils

Le réglage de la température de l'eau de la chaudière ou de celle du plénum d'air chaud pour les appareils alimentés par un foyer mécanique est identique à celui des appareils courants alimentés au mazout. Dans bien des cas, les commandes qui étaient branchées à l'appareil de chauffage original alimenté au mazout peuvent être installées sur l'appareil alimenté aux copeaux de bois. En connectant les fils du foyer mécanique à ces commandes, il est préférable de relier le moteur du foyer mécanique à un commutateur auxiliaire et de connecter ce dernier aux bornes du brûleur. De plus, une deuxième source d'alimentation de 115 volts doit être connectée au foyer mécanique pour faire fonctionner la minuterie qui sert à entretenir le feu.

Les réchauffeurs n'ont pas nécessairement besoin de commandes électriques, mais la fournaise à laquelle ils sont connectés doit en être équipée à moins d'utiliser un système de distribution de la chaleur par gravité.

3.1.5 Chauffage d'appoint

Lorsqu'il s'agit d'un bâtiment qui sera laissé sans surveillance pendant d'assez longues périodes de temps, il faut prévoir une source de chaleur supplémentaire. Quoique plutôt fiables, les appareils de chauffage alimentés aux copeaux de bois actuellement disponibles sont suceptibles de défaillance et d'interruptions occasionnelles de la source d'approvisionnement.

Dans les situations de rattrapage, la solution qui peut être adoptée est de conserver l'appareil de chauffage original et d'installer des commandes qui pourraient automatiquement faire démarrer ce système d'appoint. Afin de pallier à la défaillance du brûleur alimenté aux copeaux de bois, dans le cas où la chaudière ou fournaise originale a été enlevée, les radiateurs électriques à résistance sont probablement le meilleur choix à cause de leur dimension et de leur coût .

Lorsqu'il s'agit d'une installation de chauffage à eau chaude, un petit radiateur électrique peut être branché au système en plus de l'appareil alimenté aux copeaux de bois. S'il s'agit d'une installation de chauffage à air chaud, le chauffage par conduits entre le plénum d'air chaud et le raccord de sortie de la fournaise pourrait suffire. Il serait également possible d'utiliser une fournaise à air chaud électrique, mais cette dernière prendrait plus de place et serait probablement plus coûteuse.

Il est important de tenir compte des dimensions de l'appareil de chauffage d'appoint qu'on a l'intention de choisir. Cet appareil servira sans doute simplement pour maintenir une température minimum dans le bâtiment lorsque ce dernier est inoccupé pendant de longues périodes au cours de la saison froide. Un bâtiment inoccupé n'a pas besoin d'être maintenu à la même température que lorsqu'il est occupé, et l'appareil peut être appelé à fonctionner à une température bien plus faible, par exemple à 5° C ou 10° C (40° F ou 50° F). A ce faible degré de température, un petit appareil peut suffire et il est fort possible qu'il soit de dimensions suffisamment réduites pour qu'il ne soit pas nécessaire d'installer un paneau de commande et un coupe-circuit du service électrique en cas d'augmentation de la charge. Le Code canadien de l'électricité permet de brancher sur un seul circuit les appareils dont la puissance n'excède pas 10 kilowatts (soit une puissance d'environ 34 000 Btu/h). Un tel radiateur ne surchargerait pas le service électrique normal de 100 ampères. Il existe des dispositifs de délestage qui permettent de connecter à l'entrée de service de 100 ampères des radiateurs électriques supérieurs à 10 kW.

3.2 Nouveaux Bâtiments

Dans les nouvelles constructions, les détails d'installation sont semblables à ceux qui sont décrits dans la première partie de la présente section. Au moment de la conception du bâtiment, on devrait tenir compte de l'emplacement de l'appareil de chauffage, en accordant une attention spéciale à la facilité d'accès pour la livraison du combustible, à l'entreposage du combustible, ainsi qu'à l'emplacement de la cheminée et de l'appareil de chauffage d'appoint.

3.2.1 Livraison du combustible

Bien des méthodes différentes pourraient être adoptées pour la livraison des copeaux de bois, dépendant de la préférence du consommateur et des possibilités offertes aux distributeurs. Mais peu importe la méthode adoptée, il est nécessaire ou tout au moins grandement souhaitable que le véhicule de livraison ait accès à la partie du bâtiment où le combustible est entreposé. Pour la livraison en

vrac des copeaux, il faut que des camions semblables à ceux qu'on utilise pour la livraison du mazout puissent s'approcher à environ 10 à 15 mètres du bâtiment afin de pouvoir souffler les copeaux dans le silo. Autrement, les camions devraient pouvoir reculer jusqu'au bâtiment pour décharger les copeaux dans une glissière menant directement au silo. Si le combustible est livré dans des sacs, le camion de livraison devrait pouvoir reculer suffisamment près de la porte où doit se faire le déchargement.

3.2.2 Entreposage du combustible

Le combustible devrait être entreposé près du foyer mécanique ou du réchauffeur. Une vis d'alimentation pourrait être aménagée à partir du silo jusqu'à la trémie reliée au foyer mécanique ou au réchauffeur, ou encore directement jusqu'à la fournaise. Vous trouverez à la section 4 des explications portant sur la construction et la ventilation de la pièce où l'on entrepose les copeaux.

3.2.3 Chauffage d'appoint

Les principes de base mentionnés pour la réfection dans la section 3.1 s'appliquent également ici. Dans les nouvelles constructions, il est normal de trouver un taux d'isolation élevé, des coupe-vapeur étanches, ainsi que des portes et fenêtres à faible perte de chaleur. Il n'est pas rare de trouver des maisons conçues et orientées de manière à tirer le meilleur usage possible des dispositifs de chauffage solaire passifs. Dans ce cas, on peut se contenter d'un petit appareil de chauffage et d'un emplacement réduit pour l'entreposage du combustible. De plus, il n'est peut-être pas nécessaire d'y installer un dispositif de chauffage d'appoint, ou au besoin, ce dernier pourrait être de dimensions très réduites.

3.2.4 Emplacement de la cheminée

La cheminée devrait être située à l'intérieur du bâtiment plutôt qu'exposée sur un mur extérieur. Ainsi la cheminée reste chaude. Lorsque la cheminée est chaude, le tirage est meilleur et la condensation de créosote est plus faible pendant la période de combustion du bois. De plus, lorsque la cheminée est située à l'intérieur du bâtiment, la chaleur qui se perd par conduction est récupérée par le bâtiment plûtot que de se perdre inutilement à l'extérieur.

4. INSTALLATION ET SÉCURITÉ

4.1 Espace requis pour l'appareil et l'entreposage du combustible

4.1.1 L'appareil
4.1.2 L'entreposage du combustible

4.2 Spores et poussière dans les copeaux de bois

4.3 Exigences du Code de sécurité

4.3.1 Normes relatives à l'appareil
4.3.2 Normes relatives à l'installation

4.4 Considérations relatives à l'assurance

4.4.1 L'appareil
4.4.2 L'installation

4. INSTALLATION ET SÉCURITÉ

4.1 Espace requis pour l'appareil et l'entreposage du combustible

Les copeaux de bois et l'installation nécessaire pour les brûler exigent plus de place que les combustibles concentrés ordinaires. Au moment d'étudier la possibilité d'adopter le chauffage aux copeaux de bois, il est important de tenir compte de l'espace requis pour ce genre d'installation ainsi que des autres facteurs relatifs à son emplacement.

4.1.1 L'appareil

Les fournaises et les réseaux de distribution de la chaleur jumelés aux foyers mécaniques ont habituellement à peu près les mêmes dimensions que les autres appareils de chauffage utilisant un combustible quelconque. Les fournaises alimentées par un foyer mécanique peuvent être connectées à bien des types de réseaux existants de distribution de la chaleur. Les appareils alimentés par un foyer mécanique peuvent fonctionner en toute sécurité, même si les dégagements requis pour les matériaux de construction combustibles sont moindres que ceux qui sont requis pour les appareils alimentés manuellement (gros morceaux de bois) ou par gravité (réchauffeur).

La trémie à copeaux de bois est la partie du foyer mécanique qui prend le plus de place. Les appareils présentement à l'épreuve au Canada et la plupart de ceux qui sont disponibles dans les pays scandinaves sont munis d'une trémie qui contient un approvisionnement de copeaux d'environ 24 heures pour une maison moyenne durant une froide journée d'hiver. Ceci représente approximativement de 0,4 à 0,5 m^3 (15 à 18pi^3). Une trémie de cette dimension, avec sa vis d'alimentation, sa grille de combustion et son mécanisme de commande, occupe à peu près le même espace que la fournaise à laquelle elle est rattachée. Il peut être utile de conserver de l'espace autour du foyer mécanique de manière à pouvoir facilement le débrancher et le déplacer, ce qui facilite l'entretien et les réparations que nécessite la fournaise. L'espace réservé au foyer mécanique devrait être situé sur la partie latérale de la fournaise plutôt que devant cette dernière. Ceci permet de libérer les portes servant au chargement et à l'enlèvement des cendres et facilite les opérations de nettoyage et d'entretien.

4.1.2 L'entreposage du combustible

L'espace requis pour l'entreposage des copeaux de bois dans un bâtiment en particulier dépend des besoins de chaleur de ce bâtiment, de la fréquence des livraisons de combustible, de même que de la façon dont le combustible est livré.

Certains utilisateurs de copeaux préféreront sans doute se faire des réserves de bois rond afin de les transformer en copeaux, au besoin, pour remplir leur silo. Cette méthode intéressera particulièrement les cultivateurs et les propriétaires de lots boisés qui peuvent facilement se procurer du bois rond et qui possèdent leur propre coupeuse-déchiqueteuse et leur propre source d'énergie. L'espace requis pour l'entreposage des copeaux dépendera alors du rythme choisi par l'opérateur pour la transformation de son bois en copeaux et le remplissage de son silo.

Si les copeaux sont livrés en sacs plutôt qu'en vrac dans le silo, il faut ajouter de l'espace de rangement à l'espace déjà prévu pour l'entreposage. Il faut également prévoir un espace supplémentaire pour l'entreposage des gros morceaux de bois. Il faut également prévoir la voie d'accès à la pièce et c'est pourquoi il ne faut pas empiler le bois de manière à remplir la pièce toute entière, soit dans tous les coins et jusqu'au plafond. Les copeaux livrés en vrac peuvent facilement remplir un silo et c'est pourquoi ils ont l'avantage de permettre une utilisation plus efficace du local d'entreposage.

Une maison unifamiliale typique à Fredericton consomme approximativement 600 gallons imp. (2 700 litres) de mazout durant toute une saison froide. Cette quantité de mazout représente un potentiel de 29 000 kWh (100 000 000 Btu) d'énergie thermique. Les copeaux de bois dur ayant une teneur en humidité de 20 % peuvent dégager en moyenne environ 1 000 kWh par mètre cube (100 000 Btu par pied cube) d'énergie thermique. Cette maison typique exigerait environ 29 m^3 (1000 pi^3) pour emmagasiner l'approvisionnement en copeaux de bois pour un an. Ceci représente une pièce ou un silo de 3 m (10 pi) de chaque côté ou l'équivalent. Durant la saison froide à Fredericton, qui comporte normalement environ 4 500 degrés - jours Celsius pour l'ensemble de la saison, une semaine très froide pourrait exiger l'utilisation d'environ 2 500 kWh (8 500 000 Btu) d'énergie thermique. Ce qui représente 2,4 m^3 (85 pi^3) de copeaux de bois dur, soit un espace de 1,3 m (4,4 pi) cube ou l'équivalent. Par conséquent, si la livraison des copeaux se fait chaque semaine, à toutes les deux semaines ou même sur des périodes plus longues, il n'est pas nécessaire d'avoir un gros silo pour les copeaux, même pour la période la plus froide de l'année. Les copeaux de bois tendre sont environ

20 % moins denses que les copeaux de bois dur (si on compare l'épinette et le sapin baumier à un mélange d'érable dur et d'érable tendre), et c'est pourquoi ils exigeront sans doute 20 % de plus d'espace de rangement pour un rendement énergétique équivalent. Ceci ne tient pas compte des effets que représente le potentiel plus élevé de valeur thermique de la résine qui est contenue dans le bois tendre, particulièrement dans l'écorce, et qui pourrait peut-être rendre les copeaux de bois dur et de bois tendre presque équivalents en énergie thermique par unité de volume.

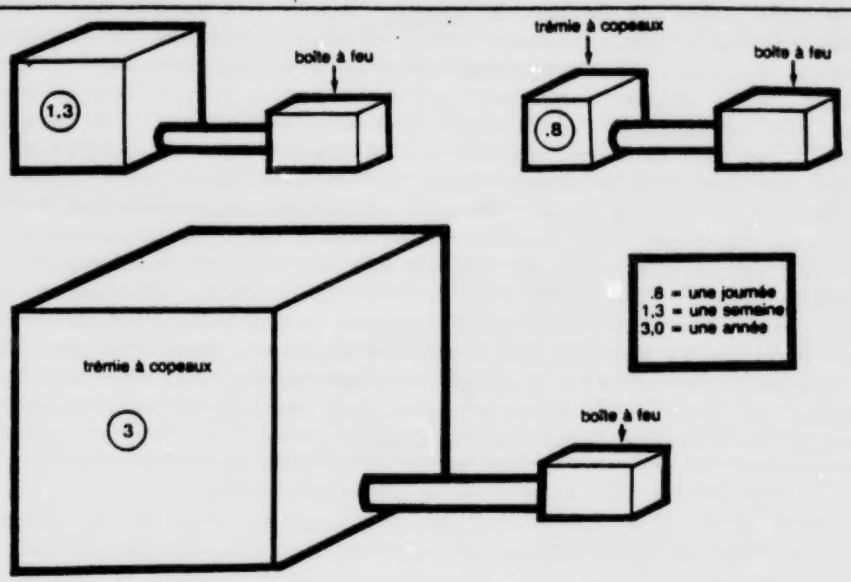


Figure 4.1

Besoins relatifs à l'entreposage des copeaux

Voici une comparaison donnant la quantité approximative de copeaux qu'il faut entreposer pour chauffer une maison. Les unités représentent des mètres et elles doivent être transformées en mètres cubes pour obtenir le volume requis pour le lieu d'entreposage. Les trémies illustrées pour une journée et une semaine ont les dimensions requises correspondant à la période d'hiver. La trémie contenant l'approvisionnement pour toute l'année illustre la quantité requise pour toute une saison de chauffage.

4.2 Spores et poussière dans les copeaux

La poussière atmosphérique et les spores fongiques provenant des copeaux de bois peuvent représenter un danger pour la santé. Des allergies peuvent résulter de l'une ou l'autre, même si la réaction aux spores peut sembler plus commune. L'un des moyens qu'on peut utiliser pour éviter la création de spores consiste à faire sécher le bois. Si les copeaux

contiennent des spores ou de la poussière, il est recommandé d'éviter que ces dernières se répandent dans la maison et de faire en sorte que ceux qui manipulent les copeaux ne les aspirent pas.

Il s'est présenté un cas bien documenté où l'approvisionnement en bois s'est échauffé à cause de la présence de champignons et où s'est développée une grande quantité de spores aspergillus. Des essais effectués au moment où ces copeaux étaient chargés dans la trémie du foyer mécanique à partir du local d'entreposage dans le sous-sol ont démontré que l'air ambiant de la maison contenait une très forte proportion de spores. Celui qui manipulait les copeaux montrait des signes d'allergie (reniflements, yeux qui coulent, asthme). Le simple fait de porter un masque contre les poussières pendant que les copeaux étaient manipulés prévenait les réactions allergiques. En utilisant une glissière fermée hermétiquement pour déverser les copeaux directement de l'extérieur dans la trémie du foyer mécanique, on a pu éviter que les spores se dégagent dans l'espace vital. Ces précautions, en plus du port de vêtements de travail et de protecteurs pour les oreilles qui étaient ensuite enlevés avant d'entrer dans la maison, ont permis d'éliminer tous les problèmes reliés aux copeaux contaminés. Lorsque des spores se sont développés dans les copeaux, on peut quand même utiliser ces derniers, mais il préférable d'éviter la croissance des champignons.

4.3 Exigences du Code de sécurité

L'Association canadienne de normalisation (ACNOR) a établi un ensemble de normes de sécurité pour les appareils alimentés au combustible solide et pour leur installation. Le Code national du bâtiment incorpore ces normes de l'ACNOR.

4.3.1. Normes relatives à l'appareil

La Norme de l'ACNOR intitulée "Solid-Fuel Fired Appliances for Residential Use" a été rédigée très récemment et porte sur les appareils dont le taux de rendement est inférieur à 300 kW (1 000 000 Btu/heure) et dont l'alimentation se fait manuellement ou à l'aide d'un foyer mécanique, de même que sur les installations mixtes alimentées au mazout et au combustible solide.

Les spécifications contenues dans cette norme laissent place à une certaine flexibilité. Elles sont conçues à la manière de directives qui, si elles sont suivies, devraient permettre à l'équipement de chauffer en toute sécurité dans des conditions normales de fonctionnement tout en maintenant cette qualité dans les situations particulières, notamment lors de pannes d'électricité. On y trouvera également des spécifications pour les matériaux de construction, les soudures, les commandes, l'emplacement des commandes, ainsi que des détails sur la ventilation et la combustion, les portes d'accès et les réglages pour les limites sécuritaires. On y trouvera également la marche à suivre pour éprouver les accessoires.

La question des foyers mécaniques est clairement exposée dans la norme. Etant donné que les foyers mécaniques alimentés aux copeaux de bois sont actuellement assez rares, les spécifications sont basées sur les foyers mécaniques alimentés au charbon. Toutefois, ceci ne rend pas moins valable leur application aux foyers mécaniques alimentés au bois. Le combustible est différent, mais les principes régissant le fonctionnement mécanique et la combustion de ces deux types de foyers sont semblables. Les spécifications qui concernent particulièrement les foyers mécaniques impliquent que ces derniers devraient être conçus de manière à éviter le surchauffage de l'appareil dans l'éventualité d'une panne des composantes, que ce soit celles du foyer mécanique ou de l'appareil lui-même. De plus, chaque foyer mécanique doit être muni d'au moins un dispositif automatique pour régulariser son fonctionnement, d'un dispositif permettant d'entretenir le feu lorsque le foyer ne fonctionne pas, ainsi que d'un système de prévention des retours de flamme dans le tube d'alimentation du combustible.

4.3.2. Normes d'installation

L'ACNOR a établi des normes pour l'installation des appareils de chauffage alimentés au combustible solide, normes qui ont été respectées dans le Code national du bâtiment. Ces normes précisent les dégagements requis pour éviter que les matériaux combustibles environnants prennent feu et pour permettre l'accès à l'appareil. Elles donnent également des précisions sur les divers types de tuyaux de fumée et de raccordements, sur la manière d'installer l'appareil et sur les diverses méthodes utilisées pour faire pénétrer l'air nécessaire à la combustion.

Les normes sont conçues de manière à s'assurer que les installations ne mettront pas le feu aux matériaux de construction combustibles en cas de panne d'électricité ou de mal fonctionnement de l'appareil. Elles exigent également l'utilisation d'un dispositif manuel servant à arrêter l'appareil pour en effectuer l'entretien ou les réparations.

Les spécifications qui s'appliquent particulièrement aux foyers mécaniques exigent l'installation d'un dispositif manuel facilement accessible permettant d'arrêter le foyer mécanique, d'un dispositif permettant d'entretenir le feu pour l'allumage (veilleuse d'allumage) et d'un dispositif automatique permettant d'arrêter l'appareil en cas de panne du dispositif fournissant l'air nécessaire à la combustion. Tout foyer mécanique d'un appareil de chauffage à eau chaude ou à vapeur doit être muni d'un dispositif automatique d'arrêt de son moteur lorsque le niveau de l'eau est bas ou que la température (ou la pression) de l'eau ou la vapeur est trop élevée. Les appareils de chauffage à air chaud doivent être munis d'un dispositif automatique d'arrêt (une commande de température maximale) de leur moteur lorsque la température dans le plénum est trop élevée. Tous les dispositifs requis sont des marchandises régulières et par conséquent faciles à obtenir.

Selon les normes, il faut respecter des dégagements minimum de 150 mm (6 po) autour du plénum ou de la chemise d'eau des fournaises à combustible solide munies d'une commande de température maximale permettant d'arrêter l'alimentation en combustible. Les dégagements peuvent être réduits à aussi peu que 50 mm (2 po) lorsque le type de protection utilisée est conforme aux normes décrites dans le Code du chauffage. Les appareils alimentés manuellement exigent des dégagements plus considérables car, en cas d'arrêt d'urgence, le combustible reste dans la chambre de combustion. Dans ces conditions, le plénum ou la chemise d'eau peut atteindre une température supérieure à la normale étant donné qu'aucun dispositif efficace n'a été prévu pour répandre la chaleur dans les autres parties du bâtiment.

4.4 Considérations relatives à l'assurance

En général, les assureurs de bâtiments en sont venus à accepter le fait que le chauffage au bois est une solution de rechange adoptée par bien des gens. Un très grand nombre de bâtiments chauffés au bois sont maintenant

protégés par une assurance incendie. Il est conseillé d'aviser sa compagnie d'assurance lorsque l'on envisage de changer la source de chaleur, particulièrement lorsque ce changement concerne le chauffage au bois. Si la décision d'adopter le chauffage au bois est sérieuse, il peut être payant de faire le tour des compagnies d'assurance et de choisir celle qui traite les installations de chauffage au bois de la façon la plus avantageuse.

4.4.1 L'appareil

Comme on le mentionnait dans la section 4.3.1, il y a des normes canadiennes qui régissent les appareils de chauffage comportant un foyer mécanique. Les codes de construction et les assureurs exigent, en temps et lieu, que tous les appareils qui sont éventuellement installés dans les bâtiments construits sur leur territoire subissent des essais et soient approuvés par les établissements d'essai désignés. Il est à recommander que chaque fabricant se familiarise avec les normes et construise ses appareils en ayant soin qu'ils puissent subir avec succès les essais décrits dans le code. En prenant cette précaution, il s'assurera que ses appareils répondront aux exigences de la compagnie d'assurance ou de l'inspecteur des bâtiments.

4.4.2 Installation

Les normes de l'ACNOR et celles qui sont contenues dans le Code national du bâtiment relativement à l'approbation de la mise en place sont exposées en détail dans la section 4.3.2. Les compagnies d'assurance exigent normalement que l'installation soit conforme à ces normes. Ces dernières ont été conçues en vue de fournir un ensemble de spécifications fiables et

uniformes à l'intention de tous ceux qui désirent installer des appareils de chauffage. Procéder à une installation en se conformant aux normes est une bonne idée en soi, mise à part la question des assurances. La norme s'appliquant à l'installation des fournaises de chauffage central comportant un foyer mécanique devrait répondre aux exigences de l'assureur contre les incendies. Il serait donc nécessaire de consacrer un peu de votre temps à votre assureur afin de le familiariser avec ces codes.

Il est conseillé à tout propriétaire d'informer son assureur ou son assureur éventuel de ses intentions précises relativement au mode de chauffage qu'il prévoit adopter. Il devrait également aviser son assureur de toute modification apportée à son installation de chauffage. Ceci permet à l'assureur de faire connaître ses réactions et à l'assuré d'être protégé dans l'eventualité d'un incendie. Il est possible que l'assureur exige que l'agent municipal ou provincial responsable de la sécurité contre les incencies lui écrive une lettre pour indiquer que, selon lui, et en se basant sur l'inspection des lieux, l'installation en question répond aux normes de sécurité.

5. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DE L'APPAREIL

5.1 Combustion des copeaux de bois

5.2 Description des dispositifs du foyer mécanique

5.2.1 Appareils comprenant un foyer mécanique: simples foyers mécaniques
- (a) Trémie et dispositif de dégagement des copeaux
- (b) Coupe-feu
- (c) Foyers à alimentation par le dessus et par en-dessous
- (d) Air nécessaire à la combustion
- (e) Allure de combustion
- (f) Commandes
- (g) Grille de combustion

5.2.2 Appareils comprenant un foyer mécanique: chambre de précombustion

5.3 Fonctionnement et entretien du foyer mécanique
- (a) Allumage du feu
- (b) Inspection régulière
- (c) Enlèvement des cendres et nettoyage

5.4 Description des dispositifs du réchauffeur
- (a) Trémie
- (b) Chambre de combustion
- (c) Tunnel réfractaire
- (d) Commande
- (e) Ajustement du rendement calorifique

5.5 Fonctionnement du réchauffeur
- (a) Allumage du feu
- (b) Alimentation régulière en combustible
- (c) Entretien

5.6 Analyse du rendement
- (a) Vérification de la fumée
- (b) Mesure du tirage
- (c) Mesure du gaz carbonique
- (d) Température de la cheminée
- (e) Teneur en humidité
- (f) Evaluation de l'efficacité de la combustion

5.7 Dépannage

5. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DE L'APPAREIL

5.1 Combustion des copeaux de bois

Une bonne partie de l'énergie contenue dans le bois s'échappe sous forme de gaz. Pour obtenir une combustion optimale, il est nécessaire que le brûleur soit bien conçu et fonctionne de manière efficace. Les gaz qui s'échappent se condensent à l'intérieur de la cheminée et forment de la créosote, produit très combustible, ou encore ils se dégagent dans l'atmosphère et contribuent à la pollution de l'air. Les brûleurs de copeaux bien conçus consomment leur combustible dans un feu très chaud et réussissent à brûler tous ces gaz. Par conséquent, on obtient une combustion très efficace et un feu relativement propre formant très peu de créosote, s'il en est.

5.2 Description des dispositifs du foyer mécanique

5.2.1 Appareils comprenant un foyer mécanique: foyers mécaniques en prise directe

Les appareils de chauffage aux copeaux de bois alimentées par un foyer mécanique comprennent un foyer mécanique et une chaudière ou une fournaise à air chaud.

Dans un appareil comprenant un foyer mécanique, le feu est situé à l'intérieur de la chambre de combustion de la fournaise et est contrôlé à peu près de la même façon que dans les appareils au mazout ou au gaz. Lorsqu'il y a un appel de chaleur, une commande thermostatique fait démarrer le moteur du foyer mécanique qui alimente le feu en combustible et le feu

devient chaud. Lorsque la chaleur est suffisante, le thermostat arrête le foyer mécanique et le feu s'éteint rapidement. Etant donné qu'un laps de temps assez long peut parfois s'écouler avant que survienne un autre appel de chaleur, une petite commande munie d'une minuterie est utilisée dans certains foyers mécaniques pour les faire partir brièvement et à intervalles réguliers afin d'entretenir un feu nourri. D'autres fabricants offrent des foyers mécaniques qui fonctionnent continuellement à un régime très lent, mais qui s'activent lorsque se produit un appel de chaleur. Dans les deux cas, le dispositif ressemble aux lampes témoins qu'on trouve dans les appareils au gaz.

(a) Trémie et dispositif de dégagement des copeaux

Les foyers mécaniques actuellement sur le marché se composent d'un silo ou d'une trémie d'une capacité d'environ 0,5 mètres cubes (18 pi^3) ou plus, d'un mécanisme de chargement des copeaux et d'une section de combustion. Les copeaux sont poussés par un transporteur mécanique ou une vis d'alimentation actionnée par un moteur électrique d'environ 0,2 kW ($\frac{1}{4}$ hp) au moyen d'un système de courroies en V, de commandes par chaîne ou d'une boîte d'engrenages. La vis d'alimentation est située au fond de la trémie et, en tournant, elle transporte les copeaux dans un tuyau à partir de la trémie jusqu'à la chaudière ou à la fournaise. Le trémie est habituellement munie soit d'un dispositif constitué de plaques situé au fond de la boîte, qui remue les copeaux lorsque la vis d'alimentation fonctionne, soit d'un "arbre" qui tourne lentement à l'horizontal à peu près au milieu de la trémie. Cet arbre ce compose d'un axe auquel ont été greffés plusieurs bras. Lorsque l'axe tourne, les bras agitent les copeaux. Le but de ces deux dispositifs est de s'assurer que les copeaux ne s'engorgent pas ou ne restent pas suspendus à l'intérieur de la trémie. A cause de leur forme et de leur grosseur, les copeaux ne descendent pas toujours facilement dans la trémie s'ils ne sont pas ainsi remués.

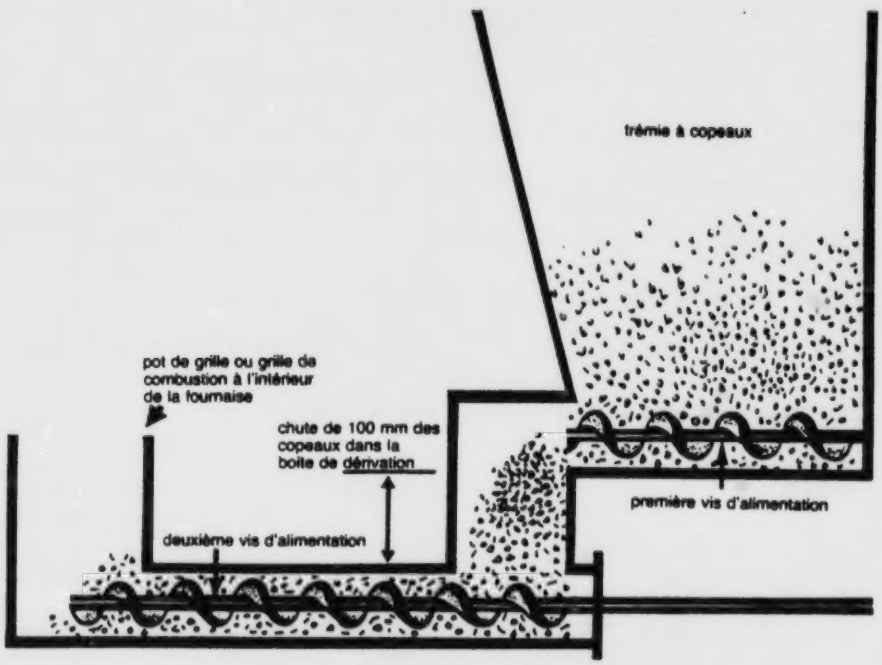


Figure 5.1

Boîte de dérivation

Dans la plupart des foyers mécaniques, on trouve une boîte de dérivation servant de coupe-feu. Le feu qui pourrait se communiquer aux copeaux tout le long de la vis d'alimentation inférieure ne peut atteindre la deuxième vis d'alimentation et se rendre ainsi dans la trémie.

(b) Coupe-feu

Les copeaux sont poussés par la vis d'alimentation et peuvent ainsi se rendre directement jusque dans la chambre de combustion. Dans certains appareils, ils font une chute d'environ 100 mm (4 pouces) dans une boîte de dérivation jusqu'à une seconde vis d'alimentation qui les transporte alors jusqu'à la chambre de combustion. La boîte de dérivation sert à empêcher le feu de se communiquer le long de la vis d'alimentation jusque dans la trémie principale contenant le combustible. Même si le feu se rend jusque dans la boîte de dérivation, il ne peut se communiquer à la première vis d'alimentation et, de là, à la trémie. Les foyers mécaniques n'utilisant qu'une seule vis d'alimentation sont habituellement munis d'un réservoir d'eau servant à éteindre le feu. Une soupape actionnée par un thermostat déverse de l'eau provenant du réseau domestique ou d'un réservoir séparé de 4 litres (1 gal) et inonde la vis d'alimentation, ce qui éteint le feu.

(c) Foyers mécaniques à alimentation par le dessus ou par en-dessous

Lorsque les copeaux sont parvenus dans la chambre de combustion, ils peuvent soit tomber sur une grille où ils brûlent: ceci est un foyer mécanique à alimentation par le dessus; ou encore ils sont transportés jusque sous le feu où ils sont alors poussés par les nouveaux copeaux: il s'agit alors d'un foyer à alimentation par en-dessous. Dans les petits brûleurs actuellement sur le marché, les appareils à alimentation par en-dessous brûlent généralement le combustible plus efficacement que les appareils actuels à alimentation par le dessus. Il y a au moins deux raisons qui peuvent expliquer ces résultats. Les gaz qui s'échappent des copeaux au moment où ces derniers commencent à chauffer et à brûler dans l'appareil à alimentation par en-dessous doivent passer à travers la section de pyrolyse, beaucoup plus chaude, du feu, ce qui augmente sans doute leurs chances de combustion. De plus, dans les foyers mécaniques à alimentation par en-dessous, il y a moins de probabilités que de petites particules flottent dans l'air avant de brûler. Dans ce cas, elles se retrouvent dans un environnement moins chaud et ont moins de chances de bien brûler.

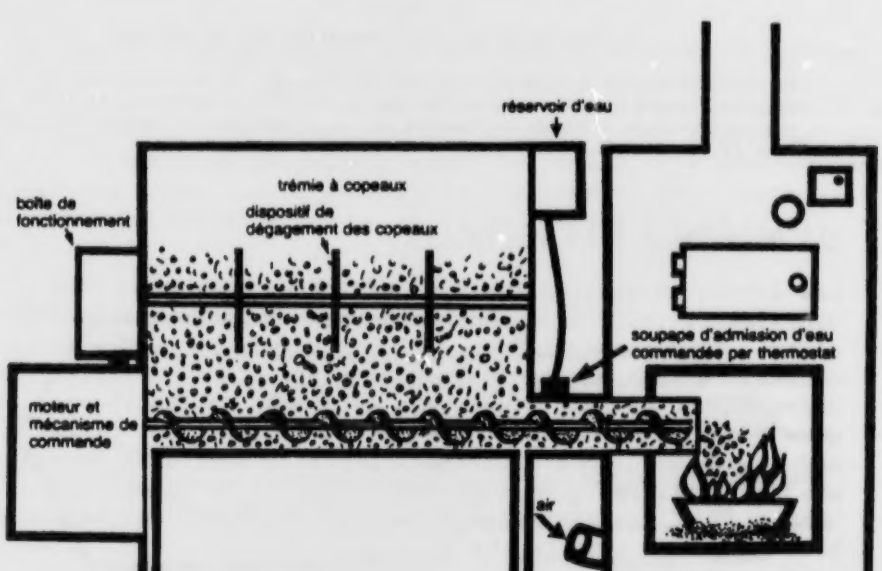


Figure 5.2

Foyer mécanique à alimentation par le dessus

Disposition typique d'un foyer mécanique à alimentation par le dessus. Les copeaux tombent dans le feu. A noter l'utilisation d'un arbre de dégagement des copeaux dans la trémie et d'un réservoir d'eau relié à une soupape automatique servant d'extincteur en vue d'empêcher le retour de flamme.

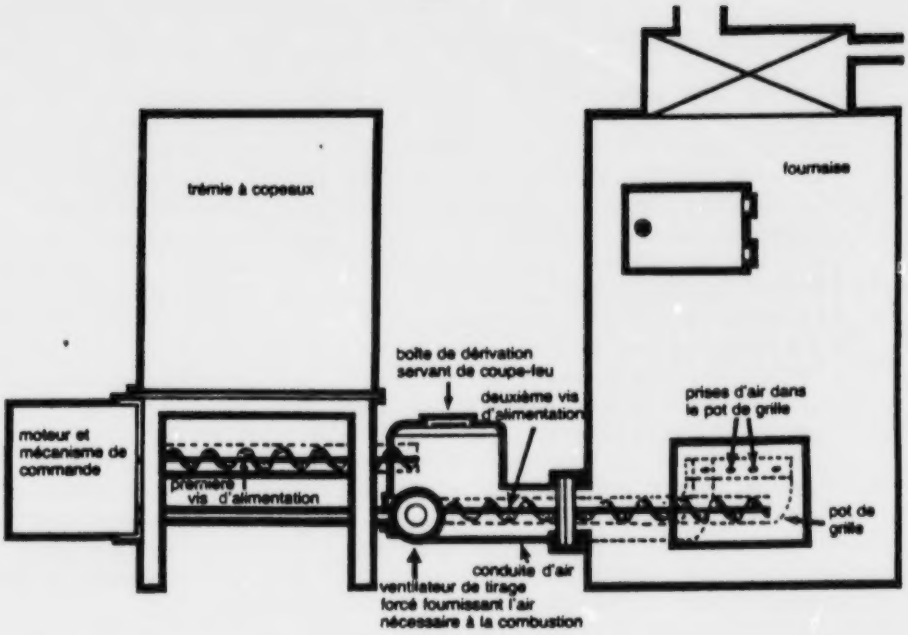


Figure 5.3

Foyer mécanique à alimentation par en-dessous

Un foyer mécanique à alimentation par en-dessous. De nouveaux copeaux sont continuellement poussés sous le feu par la vis d'alimentation. À noter l'utilisation d'une boîte de dérivation en vue d'empêcher le retour de flamme dans la vis d'alimentation jusqu'à la trémie principale.

(d) Air nécessaire à la combustion

Les foyers mécaniques les plus efficaces sont munis d'un petit ventilateur relié à la chambre de combustion par des conduites d'air. Ce dispositif fournit l'air requis et assure le mélange nécessaire pour une combustion complète. Le ventilateur est branché à un circuit électrique de manière à fonctionner en même temps que le moteur du foyer mécanique. Les petits foyers mécaniques actuels à alimentation par le dessus ne comportent pas de ventilateur, mais dépendent plutôt du tirage de la cheminée. C'est probablement une autre raison qui explique leur rendement plus faible.

(e) Allure de combustion

La cadence à laquelle le foyer mécanique alimente la chambre de combustion détermine le rendement calorifique (kW ou Btu/h) et on peut habituellement la modifier afin de la régler selon les besoins d'une installation en particulier en modifiant la dimension des poulies du dispositif d'entraînement reliant le moteur à la vis d'alimentation. De cette façon, on peut régler le foyer mécanique afin de le faire fonctionner selon un facteur de puissance élevé. Ceci améliore l'efficacité globale de l'appareil de chauffage.

(f) Les foyers mécaniques sont toujours commandés par des thermostats électriques. Ces derniers font partir et arrêter le foyer selon les appels de chaleur. Lorsqu'aucune chaleur n'est requise, un certain laps de temps peut s'écouler avant que le thermostat ne fasse fonctionner l'appareil à nouveau. Le feu pourrait s'éteindre si une petite quantité de combustible n'y était ajoutée. Une minuterie branchée au foyer mécanique le fait démarrer pendant quelques secondes à intervalles réguliers, afin d'ajouter tout juste suffisamment de combustible pour entretenir le feu.

(g) Grille de combustion

Le dispositif de combustion du foyer mécanique se situe au milieu de la chambre de combustion de la chaudière ou de la fournaise. Il doit remplir diverses fonctions. Il doit:

- recevoir les nouveaux copeaux qui entrent dans la chambre de combustion;

- répartir l'air nécessaire à la combustion provenant du ventilateur, s'il s'agit d'un foyer mécanique à alimentation par en-dessous; et

- servir à contenir le feu qui est continuellement entretenu.

Le dispositif de combustion des foyers mécaniques à alimentation par en-dessous a la forme d'un pot allongé. Son rebord est percé de petits orifices de prise d'air. Le combustible pénètre dans le pot par l'une de ses extrémités inférieures et s'élève graduellement au fur et à mesure qu'il est poussé par le foyer mécanique.

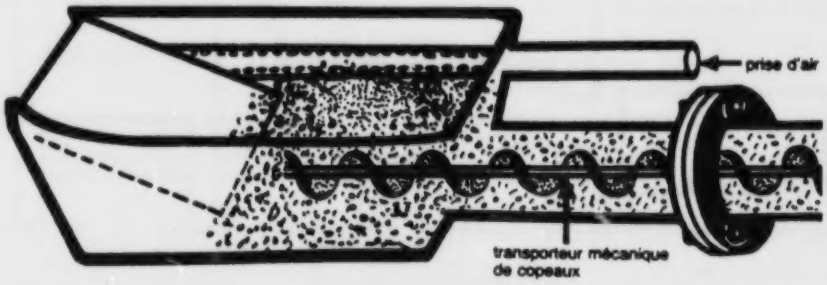


Figure 5.4

Grille de foyer mécanique à alimentation par en-dessous

Détails d'une grille de foyer mécanique à alimentation par en-dessous. Les copeaux entrent le long de la vis d'alimentation et commencent à brûler presque aussitôt qu'ils pénètrent dans la grille. L'air circule au-dessus du feu à partir des ouvertures pratiquées autour de la grille. Les cendres et la plupart des matériaux incombustibles tels que les pierres et les clous sont poussés par dessus la rampe et sont rejetés par l'ouverture située sur la gauche.

Pendant ce temps, l'air est propulsé à travers les ouvertures pratiquées le long du rebord de la grille vers le combustible qui brûle au centre du pot. Le courant d'air ainsi créé dégage les cendres qui recouvrent l'amoncellement de combustible dans le pot, mais n'est pas suffisamment puissant pour déplacer les copeaux incandescents. L'air qui entre sert également à refroidir la partie supérieure du pot de grille, là où la chaleur est la plus intense. Ceci aide à protéger le métal du pot.

Dans les foyers mécaniques à alimentation par le dessus, les copeaux tombent sur une grille perforée qui est située près de la partie inférieure de la chambre de combustion de la chaudière ou de la fournaise. Elle est placée de façon semblable à la disposition de la grille servant à la combustion des gros morceaux de boix. L'air pénètre dans la chambre de combustion par une prise d'air située près de l'extrémité inférieure de la chambre et monte à travers la grille. Le tirage est créé par la cheminée. Dans les appareils courants, il n'existe aucune prise d'air supplémentaire. Pour fonctionner adéquatement, ces appareils doivent être alimentés au moyen de combustible sec et être munis d'une chambre de combustion bien cloisonnée afin de forcer les gaz à revenir vers le feu et, ainsi, à brûler d'une manière plus complète.

5.2.2 Appareils comprenant un foyer mécanique: chambre de précombustion

Certains fabricants offrent des foyers mécaniques qui sont connectés à une chambre de précombustion. Ces unités ont la propriété de brûler continuellement les combustibles humides (teneur en humidité de 100 pour cent et plus) étant donné qu'une température élevée est maintenue dans la chambre de précombustion. Cet appareil ressemble aux foyers mécaniques à alimentation par le dessus et à alimentation par en-dessous décrits plus haut. La principale différence dans ce cas est qu'au lieu d'utiliser un pot ou une grille de combustion située à l'intérieur de la chambre de combustion de la chaudière ou de la fournaise, le feu brûle dans une chambre bien isolée et d'une conception particulière située à l'extérieur de la chaudière.

La chambre de combustion indépendante consiste en un cylindre en position verticale fermé au sommet par un couvercle bien ajusté, bien isolé et muni d'un joint d'étanchéité. Le couvercle permet l'accès à la chambre de combustion pour l'allumage du feu et l'enlèvement des cendres.

La chambre de précombustion est garnie de briques réfractaires pouvant subir des températures de plus de 1200° C. Sous l'effet de la chaleur, ces briques réfractaires prennent une teinte rouge-orangée, mais leurs propriétés isolantes sont telles qu'on peut toucher sans danger les parois extérieures de la chambre de précombustion.

C'est un ventilateur fixé sur la partie latérale de la chambre de précombustion qui fournit l'air primaire et provoque suffisamment de turbulence pour obtenir un feu très chaud et une bonne combustion. Les flammes et les gaz chauds qui se forment dans la chambre s'engagent dans un court conduit isolé qui relie cette dernière à la chambre de combustion de la chaudière ou de la fournaise. Une prise d'air aménagée dans ce conduit permet à l'air secondaire de se mélanger aux gaz et de les faire brûler complètement. Quant aux flammes, très peu, s'il en est, atteignent la chambre de combustion de la chaudière ou de la fournaise.

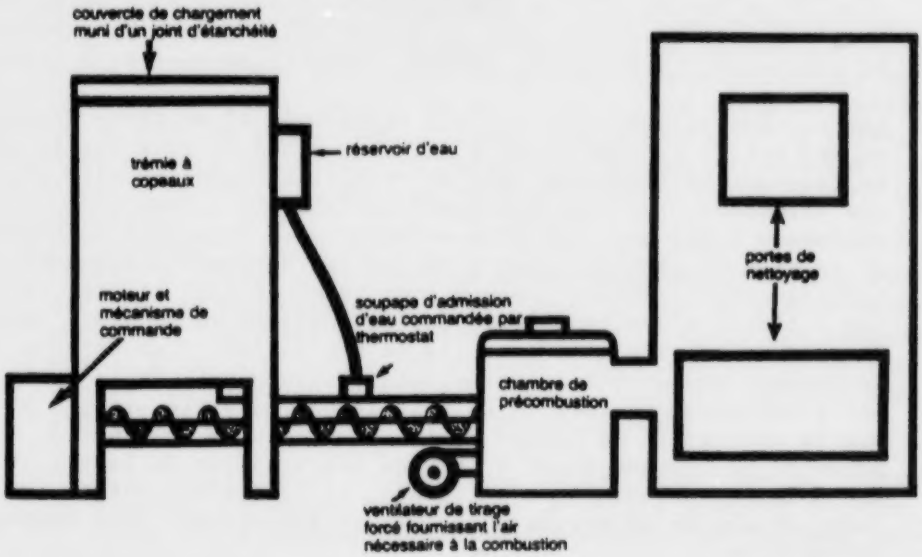


Figure 5.5

Foyer mécanique connecté à une chambre de précombustion

Dispositif de chambre de précombustion alimentée par un foyer mécanique. Les copeaux brûlent dans la chambre située à la gauche de la chaudière. A noter le réservoir d'eau utilisé pour empêcher le retour de flamme.

5.3 Fonctionnement et entretien du foyer mécanique

Le fonctionnement et l'entretien courant d'un appareil muni d'un foyer mécanique à copeaux de bois sont simples et exigent très peu d'attention. Lorsqu'on arrête le foyer pour procéder à son entretien, le feu s'éteint rapidement et il ne reste que très peu de charbons ardents. Les périodes d'arrêt nécessaires pour l'entretien sont par conséquent habituellement très courtes et il n'y a aucune interruption du chauffage du bâtiment.

(a) Allumage du feu

Le foyer mécanique devrait être mis en marche et fonctionner jusqu'à ce qu'une pile de copeaux de la grosseur d'un poing fermé se soit accumulée dans le pot de grille, dans la chambre de précombustion ou sur la grille. Puis il devrait être arrêté.

Les copeaux peuvent être allumés rapidement et en toute sécurité en versant 25 ml (une once) d'allume-charbon de bois sur la pile, en laissant le liquide s'imbiber et en l'allumant ensuite avec une allumette. On peut également utiliser la flamme d'un petit chalumeau à gaz qui peut être orientée vers la partie inférieure de la pile de copeaux jusqu'à ce que ces derniers deviennent incandescents. Si les copeaux sont secs, on peut allumer le feu à l'aide d'une feuille de papier froissée qu'on place dans la pile de copeaux et à laquelle on met le feu. Les copeaux deviennent rapidement incandescents et produisent de la fumée. Ils s'enflammeront lorsque le ventilateur aura été branché ou que le dispositif de tirage de la cheminée aura commencé à produire un courant d'air à travers les orifices de la grille. Une fois les copeaux bien enflammés, il faut alors mettre le foyer mécanique en marche et le laisser fonctionner sous commande automatique.

(b) Inspection normale

Le foyer mécanique devrait subir une inspection au moins une fois par jour. Il devrait être vérifié afin de s'assurer que les vis d'alimentation tournent adéquatement lorsque le foyer mécanique fonctionne et que rien ne cause de blocage ou n'empêche l'avancement des copeaux. Une bonne flamme jaune indique une bonne circulation de l'air nécessaire à la combustion. Lorsque les flammes sont faibles, de couleur rouge et dégagent de la suie, il est temps de nettoyer la grille ou de corriger d'autres problèmes relatifs à la circulation de l'air.

(c) Enlèvement des cendres et nettoyage

Le nettoyage des cendres devrait être effectué au moins une fois par semaine jusqu'à ce que la personne responsable de l'appareil en connaisse bien le fonctionnement. Certains appareils sont munis d'un tiroir facile à enlever dans lequel tombent les cendres. Au moins un fabricant de foyers mécaniques à alimentation par en-dessous offre en option un dispositif automatique d'enlèvement des cendres.

Etant donné qu'elles contiennent des charbons ardents, les cendres devraient être placées dans des contenants métalliques ou des poubelles.

Les conduits de fumée, les surfaces de chauffe de même que les tuyaux de fumée devraient être inspectés au moins une fois par mois et nettoyés selon les besoins. L'installation permanente d'un thermomètre servant à mesurer le gaz dans le tuyau de fumée pourrait aider la personne responsable de l'appareil à savoir quand il est nécessaire de procéder au nettoyage. Si la valeur indiquée sur le thermomètre est plus élevée que d'habitude, cela signifie que les échangeurs de chaleur sont encrassés. Les appareils conçus pour le chauffage au bois devraient être munis d'ouvertures permettant de pouvoir facilement les inspecter et les nettoyer. Les copeaux humides (dans certains types de foyers mécaniques), la faible circulation de l'air nécessaire à la combustion ou encore les longues périodes de marche au ralenti peuvent favoriser la production de suie s'accumulant pour former une couche allant jusqu'à 25 mm (1 pouce) sur diverses surfaces en un mois ou à peu près. Si une couche semblable se forme, elle agit en tant qu'isolant et réduit le transfert de chaleur. Lorsque ceci se produit, il est également nécessaire de procéder à un bon nettoyage.

Lorsqu'il s'agit d'un foyer mécanique à alimentation par en-dessous, il est nécessaire de nettoyer le pot de grille périodiquement. Certains fabricants suggèrent un nettoyage hebdomadaire, mais l'essai de l'un de ces modèles a démontré que le nettoyage mensuel ou bimensuel était suffisant. Voici les raisons pour lesquelles il faut nettoyer le pot de grille:

- l'accumulation de matières non combustibles (sable, petites pierres, clous) au fond du pot de grille accélère l'usure de la vis d'alimentation dont l'extrémité tourne dans le pot de grille;

- les cendres peuvent s'accumuler près des prises d'air dans le pot de grille et empêcher la circulation de l'air nécessaire à la combustion

- les accumulations de carbone peuvent occasionner un blocage en empêchant l'entrée de nouveaux copeaux dans le pot de grille.

Le nettoyage du pot de grille exige de 5 à 30 minutes selon le modèle. Pendant le nettoyage, il faut fermer le foyer mécanique et laisser éteindre le feu. Dans certains modèles, il est possible de procéder au nettoyage grâce à l'accès offert par la porte du foyer. Pour d'autres modèles, il faut retirer le foyer de la fournaise et enlever le pot de grille.

5.4 Description des dispositifs du réchauffeur

Le mécanisme des réchauffeurs alimentés aux copeaux de bois est simple, étant donné qu'il n'est muni d'aucune vis d'alimentation actionnée par un moteur et qu'il ne comporte pas de ventilateur. La combustion se produit principalement dans le réchauffeur et en partie dans la chaudière ou la fournaise à laquelle il est branché. Les réchauffeurs consistent en une trémie, une chambre de combustion et un tunnel réfractaire raccordé à la fournaise.

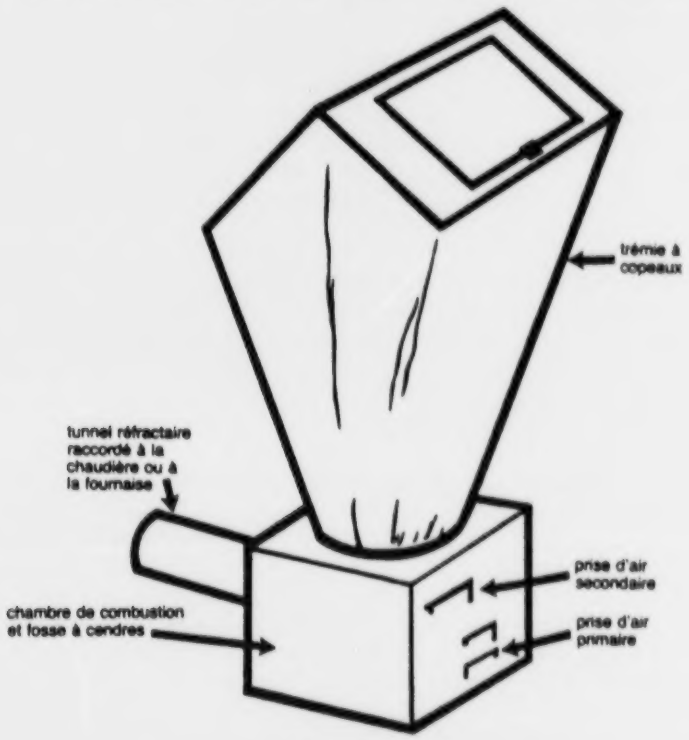


Figure 5.6

Réchauffeur - Vue d'ensemble

Ensemble des dispositifs d'un réchauffeur alimenté aux copeaux de bois

Lorsque la fournaise fonctionne, les copeaux et la sciure de bois que contient la trémie descendent par gravité et, en arrivant au fond, entrent en contact avec une arche en forme de U (voir l'illustration). C'est là qu'ils sèchent au contact de la chaleur et tombent sur une grille perforée où ils commencent à produire des gaz. Ces derniers commencent à brûler dans la section de la grille et dans le tunnel réfractaire où ils se mélangent avec de l'air additionnel. La combustion se termine dans la chambre de combustion de la fournaise. Il est nécessaire de s'occuper de recharger la trémie et d'enlever les cendres tous les jours.

Le rendement du réchauffeur est réglé par un thermostat. Ce dernier peut être muni de commandes électriques ou encore de simples raccords mécaniques entre le thermostat de commande et les registres réglant le tirage d'air. Le combustible doit avoir une teneur en humidité d'au moins 40 % afin d'empêcher que les copeaux brûlent trop rapidement lorsqu'ils entrent en contact avec l'arche du fourneau. En effet, le feu pourrait alors se propager dans la trémie principale. En autant que la trémie est bien étanche, il n'y a aucun danger que le feu se répande. Toutefois, s'il y a un retour de flamme, le feu peut s'éteindre dans la chambre de combustion.

(a) Trémie

La trémie du réchauffeur aux copeaux de bois qu'on utilise dans les habitations a la forme d'un entonnoir de 800 mm (30 pouces) de diamètre au sommet dans sa partie la plus large et de 1 300 mm (50 pouces) de hauteur. Pour charger les copeaux, il suffit d'ouvrir le couvercle à charnière muni d'un joint d'étanchéité. La trémie repose directement sur le sommet d'une chambre de combustion en forme de boîte. A mesure que les copeaux se consument, de nouveaux copeaux tombent dans la trémie sous

l'effet de la gravité. Etant donné qu'il n'y a aucun mécanisme pour assurer la circulation uniforme des copeaux, il est nécessaire de toujours garder la trémie assez pleine. Le poids ainsi créé force les copeaux à descendre.

(b) Chambre de combustion

La chambre de combustion est une boîte en acier fondu ou soudé garnie d'une matière réfractaire. Elle contient une arche faite de matière réfractaire ou d'acier inoxydable fondu disposée au-dessus de la grille. On trouve également une fosse aux cendres sous la grille. Des prises d'air munies de registres sont situées sur la partie avant de la chambre.

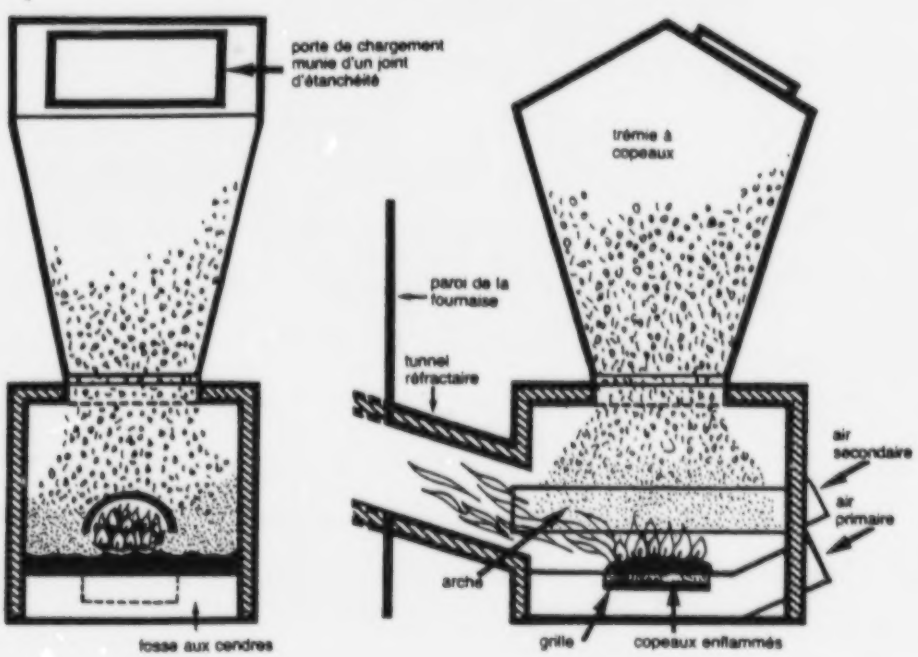


Figure 5.7

Réchauffeur - Détails

Vue intérieure du réchauffeur montrant l'arche située entre la grille et la trémie où se fait séparation des copeaux

Lorsque l'appareil chauffe, les copeaux emmagasinés dans la trémie descendent vers l'arche, qui est très chaude. En entrant en contact avec l'arche, les copeaux sèchent très rapidement et commencent à brûler lentement, mais il n'y a

pas suffisamment d'air pour alimenter les flammes et entraîner une combustion rapide. Ces copeaux descendent graduellement à travers l'arche et tombent sur la grille. Là, ils brûlent rapidement à cause du courant d'air primaire qui circule au-dessus de la grille. La chaleur provenant de cette combustion maintient l'arche à une température très élevée. Les cendres tombent à travers la grille et s'accumulent dans la fosse aux cendres. Le rendement calorifique est contrôlé par le thermostat de la chaudière ou de la fournaise qui règle le registre d'air primaire. La prise d'air secondaire doit être ajustée manuellement. Cet air pénètre juste en-dessous de l'arche ou dans le tuyau réfractaire menant à la chambre de combustion.

(c) Tunnel réfractaire

Le tunnel réfractaire est moulé sur place, ce qui permet d'adapter le réchauffeur à différents modèles de fournaises ou de chaudières. Il est constitué de matières spéciales à l'épreuve du feu et il permet le passage des gaz chauds du réchauffeur à la chambre de combustion de la fournaise. Les gaz continuent de brûler dans le tunnel, et ce dernier constitue par conséquent une extension de la chambre de combustion du réchauffeur. Le tunnel mesure environ 300 mm (12 pouces) de longueur et a un diamètre intérieur de 125 mm (5 pouces). De plus, il ne doit pas être complètement horizontal mais avoir une inclinaison d'environ 20° en montant vers la fournaise. Ce tunnel est fragile et il doit rester étanche à l'air. Une fois bien installé, le réchauffeur devrait être fixé solidement au plancher de façon à ne pas bouger, ce qui ferait fendre le tunnel.

(d) Commande

Si le réchauffeur est commandé par un thermostat mécanique, il est muni d'un ensemble de fils reliant le thermostat aux registres d'air nécessaire à la combustion. Lorsqu'un appel de chaleur vient du thermostat, le registre du réchauffeur s'ouvre, ce qui augmente l'allure de combustion des copeaux. En même temps, le registre de la chaudière ou de la fournaise se ferme. Lorsque la chaleur est suffisante, l'inverse se produit. Ceci réduit l'allure du réchauffeur. Le fait d'ouvrir le registre de la fournaise dilue et refroidit les gaz chauds provenant du réchauffeur. Ceci contribue à refroidir la chaudière ou la fournaise. Ce refroidissement est nécessaire étant donné que l'allure du réchauffeur ne ralentit pas très rapidement et que sans ce refroidissement, il se produirait un surchauffage. Le fait que le registre de la fournaise ou de la chaudière soit ouvert aide également à maintenir le tirage de la cheminée lorsque le rendement calorifique est faible. Les réchauffeurs munis de commandes électriques sont munis de moteurs pour faire fonctionner les registres du réchauffeur et de la fournaise.

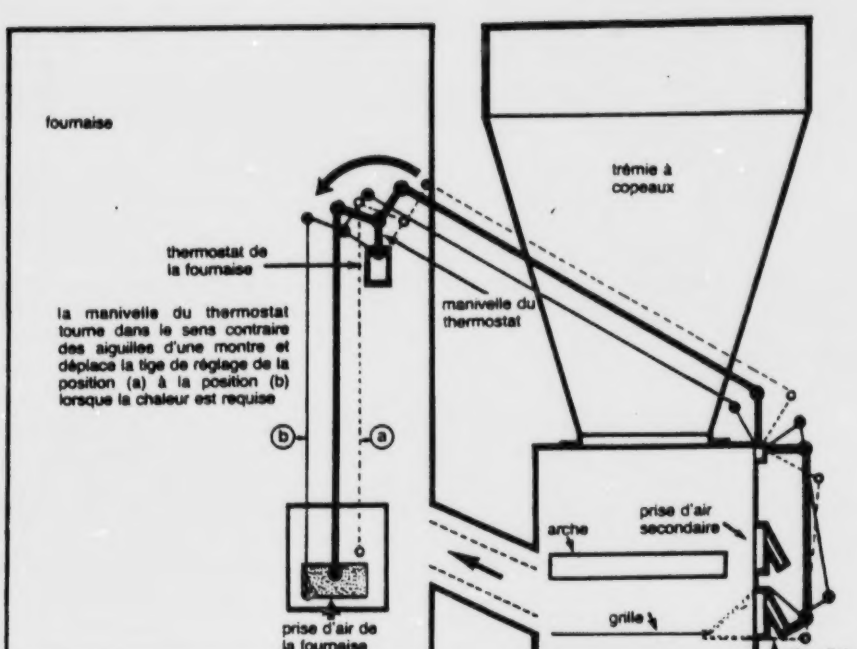


Figure 5.8

Réchauffeur - Commandes mécaniques

Dispositif mécanique de commande des registres utilisés avec les réchauffeurs. Les lignes fines et unies montrent la position des commandes pour la chaleur maximum, tandis que les lignes pointillées montrent la position des commandes lorsqu'aucune chaleur n'est requise.

(e) Réglage du rendement calorifique

Il est impossible de régler avec précision le rendement thermique d'un réchauffeur, même si certains fabricants offrent divers dispositifs destinés à assurer un certain contrôle. Il existe deux systèmes et tous deux consistent en un mode de réglage de la grille. L'un de ces dispositifs sert à régler la hauteur de la grille. Le fait de hausser la grille rétrécit l'espace permettant aux copeaux de passer de l'arche à la grille. Ceci ralentit le passage des copeaux et réduit le rendement calorifique. Le fait d'abaisser la grille augmente le rendement calorifique du réchauffeur.

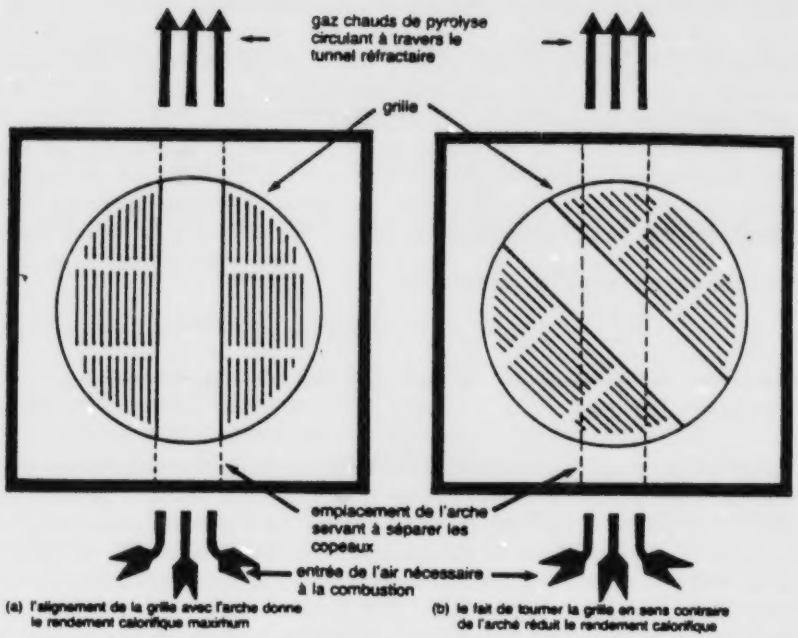


Figure 5.9

Grilles de réchauffeur - réglage

Certains modèles de réchauffeurs permettent de régler le rendement calorifique en faisant tourner la grille. Le mécanisme est expliqué dans le texte.

Un autre dispositif consiste en une grille circulaire où l'on retrouve une bande de réglage non perforée le long de la ligne de diamètre. Lorsque l'on tourne la grille de manière à aligner la bande non perforée avec l'arche, tout l'air primaire (qui passe à travers la grille) doit également passer à travers les copeaux qui sont tombés de l'arche. En faisant tourner la grille davantage (jusqu'à 90 degrés au maximum), une quantité plus grande de copeaux tombent sur la bande non perforée où, privés d'air primaire, ils brûlent moins rapidement. En même temps, l'air passe à travers les ouvertures de la grille qui se trouvent maintenant sous l'arche. Cet air se mélange directement avec les gaz de combustion et joue maintenant bien plus le rôle d'air secondaire que celui d'air primaire. L'effet combiné de ces deux éléments contribue à réduire le rendement calorifique du réchauffeur.

5.5 Fonctionnement et entretien du réchauffeur

Les réchauffeurs actuellement sur le marché ont peu de parties mobiles; par conséquent, peu d'entretien mécanique est requis. Par ailleurs, il est nécessaire de recharger la trémie, de nettoyer la grille et d'enlever les cendres à intervalles fréquents. Il faut une certaine habileté pour faire fonctionner ce type d'appareils.

(a) Allumage du feu

Pour partir le feu d'une manière convenable dans les réchauffeurs, il est nécessaire d'utiliser des copeaux secs (teneur en humidité de 15 à 20 %). Il faut donc conserver séparément une petite quantité de copeaux d'allumage. Pour commencer, il est bon de vider la trémie. Il faut enrouler (non pas froisser) un morceau de papier journal d'une manière assez lâche et insérer ce rouleau de papier à travers l'ouverture de la prise d'air secondaire jusque sous l'arche. On ajoute 50 litres (1,5 pi^3) de copeaux secs dans la trémie. Le papier journal empêche les copeaux de s'engouffrer à travers l'arche et de remplir l'espace réservé à la combustion. Il faut alors allumer le morceau de papier avec une allumette. Le tirage de la cheminée devrait alors attirer la flamme vers le tunnel réfractaire.

Pendant que le feu se développe et que la température du réchauffeur s'élève, il faut tenir le registre d'air secondaire ouvert et le registre d'air primaire fermé. Une fois que la zone de combustion a atteint sa température normale (environ 500° C ou 950° F), il faut ouvrir lentement le registre d'air primaire. Il faut ensuite fermer lentement le registre d'air secondaire tout en s'assurant que les flammes circulent jusqu'à la sortie du tunnel réfractaire. Pour cela, il faut jeter un rapide coup d'oeil dans la fournaise. Enfin, on peut fermer complètement le registre d'air secondaire. Il ne reste ensuite qu'à remplir la trémie de copeaux.

Cette méthode d'allumage évite la création d'une combustion instable. Ceci se produit lorsqu'un mélange de gaz combustibles, suffisamment chauds pour brûler mais manquant d'air nécessaire à la combustion, reçoit tout à coup suffisamment d'air. Le gaz prend feu et brûle très rapidement jusqu'à ce qu'il soit complètement consumé. Ceci crée une forme d'explosion limitée qu'on appelle un "coup de grisou".

Un coup de grisou se produit normalement dans les réchauffeurs lorsqu'un ensemble particulier de conditions se retrouvent.

Lorsque les réchauffeurs et les copeaux sont froids, des vapeurs d'eau se forment pendant la combustion, puis elles se condensent et laissent les autres gaz sous une forme concentrée. Si ces gaz concentrés se mélangent à de l'air primaire, ils provoquent un coup de grisou. Si la combustion continue, il se produit à nouveau un autre mélange semblable. Et par conséquent, un autre coup de grisou s'ensuit. Et à moins d'être contrôlée, cette situation se poursuit sans arrêt. Les coups de grisou ne sont pas nécessairement dangereux, mais de la fumée et des copeaux incandescents peuvent alors être projetés dans le bâtiment à travers l'ouverture des registres.

(b) Alimentation régulière en combustible

Lors du remplissage de la trémie, il faut laisser les copeaux tomber librement dans cette dernière. Il ne faut absolument pas essayer d'entasser ou de compresser les copeaux d'aucune façon. Lorsque les copeaux sont trop serrés, il peuvent former un pont ou rester suspendus dans la trémie et le feu finira ainsi par s'éteindre. Il arrive parfois que le feu s'éteigne complètement en raison du manque de combustible. S'il n'est pas complètement éteint et que les copeaux se dégagent et tombent sur l'arche, ceci peut créer des conditions favorables à un coup de grisou. Les réchauffeurs actuels utilisés dans les habitations nécessitent un remplissage deux fois par jour.

(c) Entretien

Un dépôt de carbone et des scories se forment aux extrémités de l'arche et il faut les enlever une ou deux fois par jour. S'ils ne sont pas enlevés, ils empêchent les copeaux de tomber alentour et sous l'arche, ce qui ralentit l'efficacité du réchauffeur. Il faut enlever quotidiennement les cendres qui s'accumulent sous la grille. Ceci permet à l'air de circuler librement à travers la grille et dans l'espace situé entre la grille et l'arche.

On peut évaluer les conditions existantes dans la chambre de combustion en observant la flamme qui sort du tunnel réfractaire. Lorsque le réchauffeur fonctionne bien, la flamme est habituellement bien visible. Une bonne flamme a une couleur claire et peut être visible jusque dans la chambre de combustion de la chaudière ou de la fournaise. Lorsque les flammes sont faibles et irrégulières, ceci indique qu'il faut nettoyer la grille et l'arche. Une flamme rouge foncé qui dégage de la fumée indique également que le feu ne reçoit pas suffisamment d'air pour donner une bonne combustion. Ceci peut indiquer qu'il faut nettoyer la grille ou encore qu'il faut ouvrir davantage le registre d'air secondaire. Si la grille est propre, il faut alors ouvrir graduellement le registre d'air secondaire jusqu'à ce qu'on ait trouvé le réglage satisfaisant.

5.6 Analyse du rendement

Le rendement de combustion est le pourcentage d'énergie potentielle qui est produit par un combustible pendant sa combustion. Le rendement de combustion contribue au rendement thermique global de l'appareil. Pour sa part, le rendement thermique global dépend du rendement de combustion et de l'efficacité de l'échangeur de chaleur. Le rendement thermique global est le pourcentage d'énergie potentielle provenant du combustible qui réchauffe le bâtiment. L'analyse du rendement de l'appareil permet de mesurer le rendement de combustion et de trouver des moyens pour l'améliorer.

L'expert en réparations de brûleurs apporte normalement avec lui un ensemble d'instruments qui lui permettent de mesurer le rendement de combustion. Ces instruments comprennent un vérificateur de fumée, un indicateur de fumée, un analyseur de gaz carbonique et un thermomètre de cheminée. Ils servent à vérifier la déperdition de chaleur dans la cheminée ainsi que le régime permanent.

Avant d'effectuer cette vérification, on laisse fonctionner le foyer mécanique pendant environ 10 minutes. Pour le mettre en marche, il suffit de régler le thermostat de la pièce à une température suffisamment élevée ou de fermer le commutateur spécial réservé à ce genre de vérification. Cette période de réchauffement permet à la chambre de combustion et à la cheminée d'atteindre leurs conditions normales de fontionnement.

(a) Vérification de la fumée

Pour vérifier la fumée, on utilise un instrument spécial qui fait passer une quantité précise de gaz d'échappement à travers un papier filtre spécial. La teinte plus ou moins foncée ainsi laissée sur le papier est comparée à une échelle graduée de 0 (aucune marque visible) à 9 (une marque complètement noire). Un indice de fumée élevé indique que la combustion est faible et que, par conséquent, ou bien la cadence de l'alimentation en copeaux est trop rapide ou encore la quantité d'air nécessaire à la combustion est insuffisante. L'une ou l'autre de ces deux situations peut être corrigée par un réglage ou des réparations. Lorsque l'appareil de chauffage aux copeaux est bien réglé, il est possible d'obtenir des indices de fumée variant de 0 à 2.

(b) Mesure du tirage

On se sert d'un indicateur de fumée pour mesurer la différence de pression qui existe entre l'air de la pièce située à l'extérieur de la chambre de combustion et les gaz qui se trouvent à l'intérieur de cette dernière. Cette pression est connue sous le nom de "courant d'air au-dessus du feu" et devrait être précisée par le fabricant de l'appareil. Cette pression varie habituellement de -0,25 Pa à -5,0 Pa (-0,01 pouce d'eau à -0,02 pouce d'eau). La pression négative montre qu'il existe un certain vide dans la chambre de combustion. Le vide empêche les gaz de combustion de s'échapper de la fournaise ou de la chaudière. On peut modifier le tirage en réglant le régulateur barométrique du tuyau de fumée. Une fois ce réglage effectué, il est important de vérifier à nouveau l'indice de fumée et de régler les prises d'air nécessaire à la combustion, au besoin. Il faut répéter ce processus jusqu'à ce qu'on ait obtenu les meilleures conditions possibles.

(c) Mesure du gaz carbonique

L'analyseur de gaz prélève un échantillon de gaz d'échappement au même endroit que le vérificateur de fumée, et le gaz carbonique(CO_2) est ensuite absorbé dans une solution d'hydroxyde de potassium. A mesure qu'elle absorbe le CO_2, la solution s'élève dans un tube gradué et ceci permet d'obtenir le pourcentage de CO_2 dans le gaz de la cheminée.

Si l'air nécessaire à la combustion est insuffisant, il se forme du monoxyde de carbone (CO) plutôt que du CO_2 et, par conséquent, l'indice de CO_2 est faible sur l'instrument de mesure. S'il y a trop d'air dans la chambre, les gaz de la cheminée se diluent et la proportion de CO_2 décroît, ce qui donne également un indice faible. La tâche de l'expert en réparations est d'obtenir l'indice de CO_2 le plus élevé possible tout en obtenant l'indice de fumée le plus faible.

(d) Température dans la cheminée

Pour mesurer la température du gaz d'échappement à l'endroit même où l'on a obtenu un échantillon de fumée, on utilise un thermomètre capable d'indiquer des températures variant de 100° C à 400° C (200° F à 800° F). La température du gaz dans la cheminée devrait être peu élevée étant donné que la chaleur du gaz se perd dans l'atmosphère. Si la température dans la cheminée est élevée, ceci peut signifier que les surfaces de chauffe ont besoin de nettoyage. Une température variant de 90° C à 150° C (200° F à 300° F) est signe d'un bon rendement. Ceci assure également un bon tirage dans la cheminée. Des températures moins élevées peuvent indiquer qu'il serait bon d'installer un dispositif de tirage dans la cheminée.

(e) Teneur en humidité

La teneur en humidité des copeaux consumés pendant les essais a un effet sur le rendement de combustion. Pour déterminer la teneur en humidité, il faut utiliser un four pour le séchage, une balance pour le pesage et un contenant où l'on peut déposer les échantillons de copeaux. Il est recommandé d'utiliser plusieurs échantillons de copeaux d'environ 15 grammes ($\frac{1}{2}$ once) chacun. Les copeaux doivent provenir de la vis d'alimentation ou être prélevés assez profondément dans la trémie elle-même. Les copeaux qui reposent au sommet de la trémie peuvent contenir l'humidité provenant de l'air ambiant dans la pièce où se trouve la chaudière et par conséquent leur teneur en humidité peut être différente de celle de l'ensemble de copeaux.

On calcule la teneur en humidité en utilisant la méthode décrite dans la section 7.1.

(f) Évaluation du rendement de combustion

L'évaluation du CO_2, la température du gaz dans la cheminée et la teneur en humidité permettent d'obtenir les courbes (voir l'Annexe 3) qui servent à déterminer le rendement.

Supposons qu'on ait obtenu les coefficients suivants:

CO_2 = 9 3/4 %
Température dans la cheminée = 150° C
Teneur en humidité = 25 % (par rapport au bois sec)

Le graphique de la figure III.1 indique un taux de CO_2 de 9 3/4 % près du milieu de la page du côté gauche. En suivant la ligne horizontale à partir de 9 3/4 % jusqu'à la courbe, puis verticalement en allant lire le pourcentage au bas du tableau, on découvre que l'excès d'air est d'environ 100 %. Prenons ensuite les courbes obtenues pour du bois dont la teneur en humidité est de 25 % (figure III.3) et la température de 150° C, indiquée sur la gauche. Déplaçons-nous ensuite vers la droite jusqu'à la ligne diagonale indiquant 100 % d'excès d'air et de là en descendant en ligne droite on peut découvrir que le rendement de combustion est de 80%.

5.7 Dépannage

Les appareils de chauffage aux copeaux de bois sont simples et sûrs. Lorsque des pannes se produisent, bien souvent l'utilisateur peut les réparer lui-même, au moins de manière à restaurer la chaleur jusqu'à l'arrivée de

l'expert en réparations. Le premier signe évident d'un problème dans tout appareil de chauffage est un bâtiment froid ou encore le manque d'eau chaude domestique. Vous trouverez dans la liste qui suit un certain nombre de problèmes et de suggestions en vue de les corriger.

ANALYSE DES PROBLÈMES ET DÉPANNAGE

Situation	Cause possible	Mesures suggérées
1. Maison froide	défaillance du thermostat	vérifier le thermostat
	feu éteint	vérifier la cause - voir 2 ou 3
	feu faible	vérifier la cause-voir 4 ou 5
	échangeur de chaleur encrassé	nettoyer l'échangeur
2. Feu éteint - foyer mécanique	manque de combustible!?	-
	le fusible a sauté	remplacer la fusible. Appeler l'expert en réparations si le fusible saute à nouveau
	panne d'électricité	repartir le foyer mécanique. Le rallumer au besoin
	minuterie mal réglée	régler la minuterie pour faire fonctionner le foyer mécanique plus longtemps
	défectuosité de la minuterie	la réparer ou la remplacer
	courroie d'entraînement brisée	la remplacer
	goupille de cisaillement brisée ou glissement du limiteur de couple	dégager les copeaux réparer ou remplacer les pièces au besoin. Souvent il suffit d'inverser la vis pour dégager les copeaux
	interrupteur à maximum enclenché	vérifier le ventilateur ou la pompe à eau
	interrupteur de défaillance de l'allumage dans la cheminée enclenché	régler et rallumer le foyer mécanique
	changement dans la densité du combustible ou dans la teneur en humidité	régler la minuterie à nouveau pour faire fonctionner le foyer mécanique plus longtemps et/ou augmenter la vitesse du foyer mécanique
3. Feu éteint - réchauffeur	manque de combustible!?	-
	les copeaux forment un pont dans la trémie	dégager en donnant un coup de poing
	blocage des copeaux au niveau de l'arche	nettoyer l'arche
	grille obturée	nettoyer la grille et la fosse aux cendres

. 4.	Feu faible - foyer mécanique	courant d'air insuffisant	a) nettoyer les prises d'air b) nettoyer le ventilateur c) lubrifier le ventilateur
		approvisionnement en combustible insuffisant	a) nettoyer l'ouverture de la vis d'alimentation dans la trémie b) régler la tension de la courroie d'entraînement
		haute teneur en humidité du combustible	l'augmentation de la quantité d'air et l'accélération de l'arrivée du combustible peuvent compenser, Sinon, remplacer les copeaux par des copeaux sec
		faible densité des copeaux	augmenter la vitesse d'alimentation du foyer mécanique
5.	Feu faible - réchauffeur	dépôt de carbone sur l'arche	nettoyer l'arche
		grilles encrassées	nettoyer les grilles, enlever les cendres
		entrée d'air insuffisante	vérifier et régler les commandes des registres
6.	Blocage du foyer mécanique	copeaux trop gros ou objets étrangers dans la vis d'alimentation	inverser brièvement ou enlever la vis d'alimentation pour dégager le blocage
		dépôt de carbone et accumulation de matières étrangères sur la grille	nettoyer la grille
		vis d'alimentation usée ou courbée	installer une nouvelle vis d'alimentation
7.	Fumée dans la maison	braises dans la boîte de cendres à découvert	sortir les cendres fraîches à l'extérieur
		faible tirage	ajuster le régulateur de tirage, nettoyer le tuyau de fumée et la cheminée
		encrassement des ouvertures de la grille laissant passer l'air forcé nécessaire à la combustion	nettoyer la grille
		trou dans la boîte à feu ou dans l'échangeur de chaleur	réparer ou remplacer
8.	Degré élevé sur le thermomètre du tuyau de fumée	échangeur de chaleur encrassé	nettoyer
		arrivée d'une trop grande quantité de combustible	réduire la vitesse du foyer mécanique ou régler la grille du réchauffeur

6. APPROVISIONNEMENT EN COPEAUX DE BOIS

6.1 Méthodes de récolte: éclaircies précommerciales

6.1.1 Méthode 1: entièrement manuelle
6.1.2 Méthode 2: manuelle avec treuil de débusquage
6.1.3 Méthode 3: manuelle avec un treuil et une débusqueuse

6.2 Méthodes de récolte: éclaircies commerciales

6.2.1 Méthode 1: arbres entiers
6.2.2 Méthode 2: bois courts/treuil
6.2.3 Méthode 3: bois courts/fûts entiers
6.2.4 Méthode 4: tout l'arbre
6.2.5 Méthode 5: bois courts/débusqueuse
6.2.6 Méthode 6: fûts entiers

6.3 Méthodes de récolte: coupe rase ou coupe définitive

6.4 Méthodes de récolte: opérations de nettoyage

6.5 Coupeuse-déchiqueteuse montée sur tracteur agricole

6.6 Séchage

6.6.1 Conditions générales pour le séchage du bois de chauffage
6.6.2 Séchage du bois rond
6.6.3 Séchage des copeaux

6.7 Possibilités pour l'organisation de l'approvisionnement

6. APPROVISIONNEMENT EN COPEAUX DE BOIS

La consommation des copeaux de bois peut avoir des répercussions favorables sur la gestion forestière en créant un marché pour les essences "indésirables", les résidus d'éclaircies et les branches qui n'ont aucune valeur marchande en tant que fibre ou gros morceaux de bois de chauffage. Le présent chapitre sert d'introduction au matériel et aux méthodes servant à la récolte et à la transformation des copeaux sur un lot boisé.

6.1 Méthodes de récolte: éclaircies précommerciales

Le but d'une éclaircie précommerciale est d'améliorer le peuplement sur pied en réduisant la concurrence et en enlevant les essences indésirables. Il est recommandé d'éviter autant que possible d'endommager le peuplement sur pied. Il est par conséquent préférable d'effectuer cette récolte à l'aide d'une débroussailleuse, d'une petite scie à chaîne ou d'outils manuels. Lorsque c'est possible, il est recommandé d'appliquer les méthodes d'abattage directionnel afin de faciliter le groupage et le transport des arbres débusqués.

Figure 6.1
Ébranchage grossier

S'il est nécessaire de procéder à l'ébranchage d'un arbre ou d'une partie d'arbre, il est recommandé d'effectuer un ébranchage grossier. Cette méthode augmente la quantité de copeaux produits par arbre. Assurez-vous que votre coupeuse-déchiqueteuse peut transformer les branches ainsi coupées avant d'adopter cette pratique.

6.1.1 Méthode 1: entièrement manuelle

Cette méthode exige l'aménagement de pistes de tracteur espacées de 30 à 40 mètres (100 à 130 pieds). La transformation du bois en copeaux se fait le long des pistes de tracteur. L'opérateur de la débroussailleuse abat les arbres en utilisant une méthode d'abattage directionnel tandis qu'un autre travailleur transporte manuellement les arbres le long de la piste. L'opérateur de la coupeuse-déchiqueteuse introduit les arbres, par le gros bout, dans la machine.

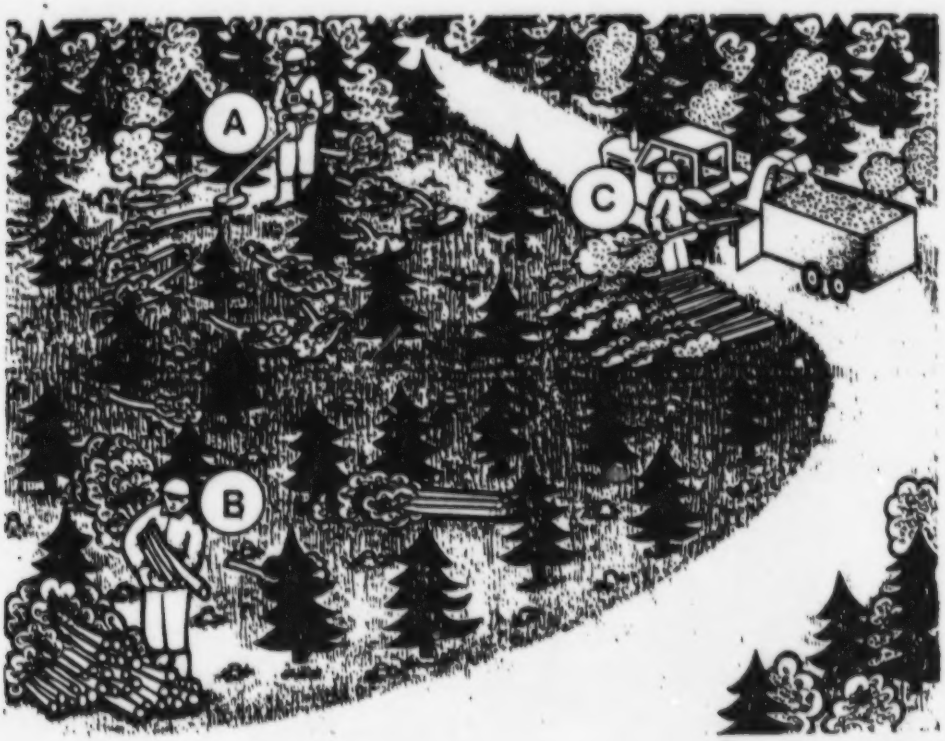


Figure 6.2
Méthode de récolte manuelle

A. Eclaircie précommerciale à l'aide d'une débroussailleuse en utilisant une technique d'abattage directionnel.
B. Groupage des arbres à la main en plaçant les gros bouts du côté de la piste du tracteur. A noter que les piles devraient être perpendiculaires à l'ouverture de la coupeuse-déchiqueteuse.
C. Fabrication des copeaux et transport chez le consommateur.

6.1.2 Méthode 2: manuelle avec treuil de débusquage

Cette méthode exige l'aménagement de pistes de tracteur espacées de 40 à 60 mètres (130 à 200 pieds). La fabrication des copeaux se fait le long des pistes de tracteur. L'opérateur de la débroussailleuse abat les arbres en utilisant une méthode d'abattage directionnel, tandis qu'un autre travailleur regroupe les arbres débusqués. Ces piles d'arbres sont alors hissées jusqu'à la piste à l'aide d'une pelle de débusquage et d'un petit treuil téléguidé ou commandé manuellement à distance. L'opérateur de la coupeuse-débusqueuse introduit les arbres, par le gros bout, dans la machine.

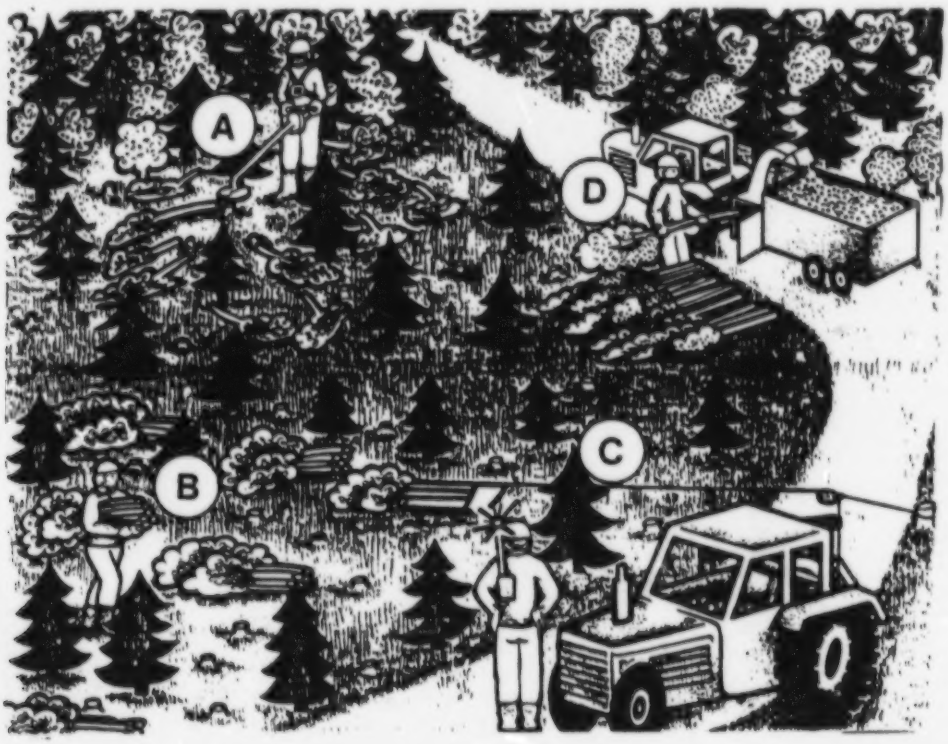


Figure 6.3
Récolte manuelle à l'aide d'un treuil

A. Eclaircie précommerciale avec une débroussailleuse en utilisant une méthode d'abattage directionnel.
B. Groupage manuel dans le peuplement en plaçant les gros bouts du côté de la piste du tracteur.
C. Utilisation d'un treuil avec une pelle de débusquage pour hisser les piles d'arbres jusqu'à la piste du tracteur. La forme conique de la pelle de débusquage réduit la friction et les possibilités que le chargement reste coincé.
D. Fabrication des copeaux et transport chez le consommateur.

6.1.3 Méthode 3: manuelle avec un treuil et une débusqueuse

Cette méthode exige l'aménagement de pistes de tracteur espacées de 40 à 60 mètres (130 à 200 pieds). La fabrication des copeaux se fait le long de la route, à un dépôt transitoire ou sur les lieux de consommation eux-mêmes. L'opérateur de la débroussailleuse abat les arbres en utilisant une technique d'abattage directionnel, tandis qu'un autre travailleur regroupe les arbres en plaçant les gros bouts du côté de la piste du tracteur. Le conducteur du tracteur transporte les piles de bois jusqu'à la piste, et les charge sur sa remorque à l'aide d'un chargeur muni d'une grue à câble téléguidée ou commandée manuellement à distance. Une fois remplie, la remorque est transportée jusqu'à une voie d'accès, à un premier dépôt transitoire ou sur les lieux de consommation où les arbres seront déchargés et transformés en copeaux.

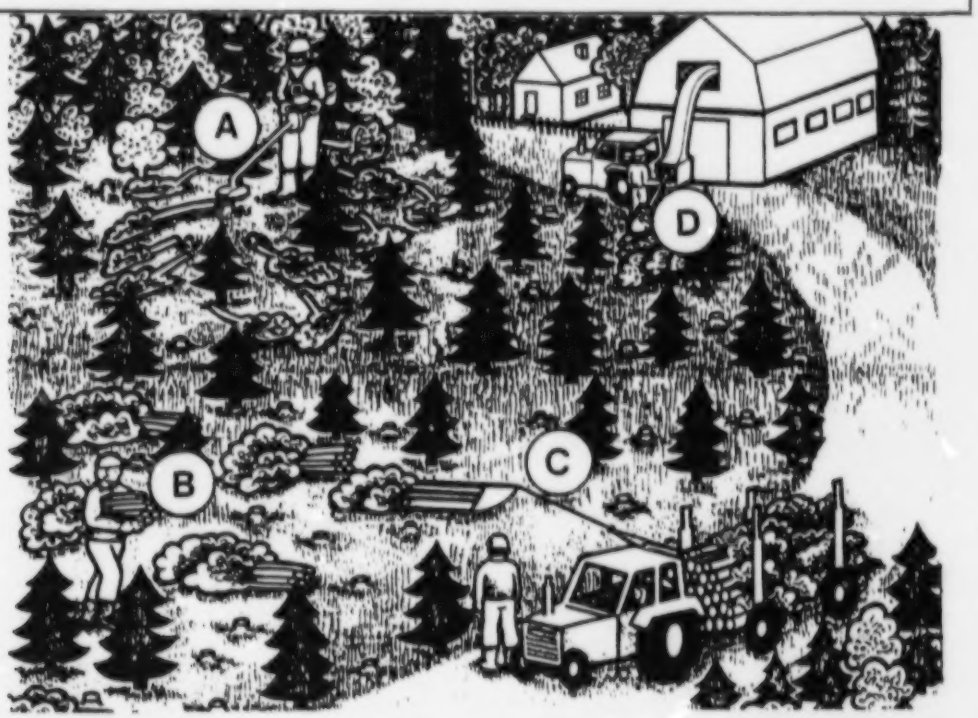


Figure 6.4
Récolte manuelle avec un treuil et une débusqueuse

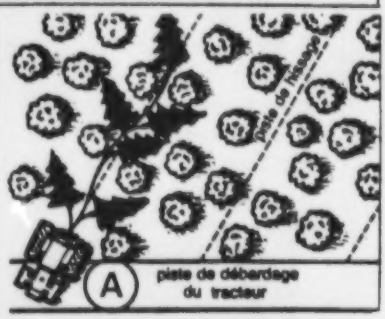
A. Eclaircie précommerciale avec une débroussailleuse en utilisant une technique d'abattage directionnel.
B. Groupage à la main dans le peuplement en plaçant les gros bouts du côté de la piste du tracteur.
C. Les piles d'arbres sont hissées jusqu'à la piste et chargées sur une petite remorque à l'aide d'une pelle de débusquage et d'un chargeur muni d'une grue à câble. La forme conique de la pelle de débusquage réduit la friction et les possibilités que la charge de bois reste coincée. Une fois remplie, la remorque est transportée jusqu'à la voie d'accès ou à un premier dépôt transitoire ou encore sur les lieux où le bois sera consommé.
D. Fabrication des copeaux le long du chemin ou à un premier dépôt transitoire ou encore sur les lieux de leur consommation.

6.2 Méthode de récolte: éclaircies commerciales

L'objectif sylvicole de l'éclaircie commerciale est de réduire le nombre de tiges dans le peuplement. Ceci améliore les conditions de vie des arbres sur pied. (Comparer ceci à l'espacement des carottes dans un jardin: la croissance est ainsi accélérée). Cette opération est appelée "commerciale" parce que les arbres récoltés peuvent être transformés en divers produits, comme du bois à pâte ou de petites billes de sciage. Les résidus du débusquage, notamment les cimes et les branches, peuvent être transformés en copeaux. Les arbres sont de dimensions moyennes, soit un diamètre de 10 à 20 cm (4 à 8 po) à la hauteur de la souche et une hauteur de 10 à 20 mètres (33 à 66 pi). Leur âge normal est de 25 à 45 ans.

6.2.1 Méthode 1: arbres entiers

Cette méthode exige l'aménagement de pistes de tracteur espacées de 30 à 60 mètres (100 à 200 pieds) pour faciliter le débusquage. Les arbres sont abattus dans le sens contraire à la piste du tracteur, c'est-à-dire en orientant les gros bouts vers la piste de hissage. Les pistes de hissage sont aménagées à la manière d'une arête de hareng à un angle d'environ 45° par rapport à la piste du tracteur. Le tracteur est placé au bout de la piste de hissage. On déroule le câble principal et on y attache les arbres à l'aide de colliers. Les arbres sont ensuite hissés jusqu'au tracteur qui les transporte alors jusqu'à un premier dépôt transitoire. Là, les branches sont enlevées et on coupe le bois à pâte et les petites billes de sciage. Les branches et les cimes servent alors à la fabrication de copeaux. Ainsi, les arbres entiers, y compris les branches et les cimes, sont exploités. Cette méthode porte souvent le nom de "méthode d'exploitation par arbres entiers".



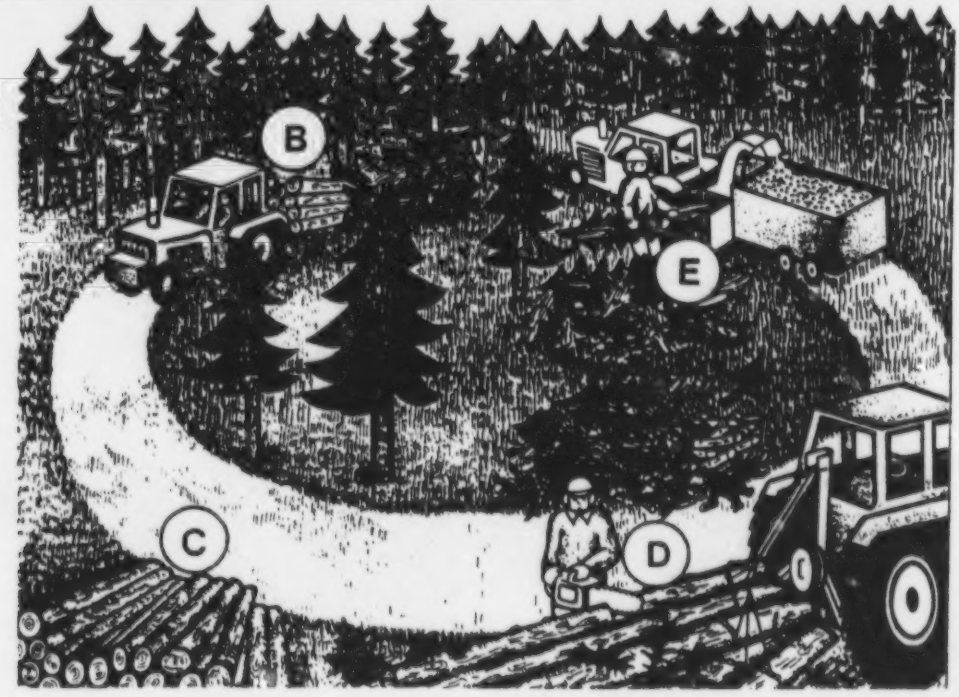


Figure 6.5
Récolte par arbres entiers

A. Abattage directionnel en alignant les arbres à la manière d'une arête de hareng le long de la piste de hissage. Ces arbres sont alors attachés au câble de hissage à l'aide de colliers.
B. Les arbres sont hissés jusqu'au tracteur.
C. Le chargement d'arbres est transporté (débusqué) jusqu'au dépôt transitoire.
D. On enlève les branches et les cimes et on coupe le bois à pâte et les petites billes de sciage.
E. Les cimes et les branches sont transformées en copeaux de bois.

6.2.2 Méthode 2: bois courts/treuil

Cette méthode exige l'aménagement de pistes de tracteur espacées de 30 à 60 mètres (100 à 200 pieds). Les arbres sont abattus vers la piste à la manière d'une arête de hareng. On enlève les branches et les cimes. On coupe ensuite les petites billes de sciage et les bâtons de bois à pâte qu'on regroupe le long de la piste hissage.

Les billes et le bois à pâte sont ensuite hissés et chargés sur une remorque à l'aide d'une chargeuse munie d'une grue à câble, les cimes et les branches sont transportées manuellement jusqu'en bordure de la piste où elles sont transformées en copeaux. La charge de billes de sciage et de bois à pâte est alors transportée jusqu'à une voie d'accès pour le camion.

Cette méthode porte le nom de méthode d'exploitation forestière d'abattage et de débusquage de bois courts étant donné que les billes et le bois à pâte sont préparés dans le peuplement et hissés à l'aide d'un treuil.

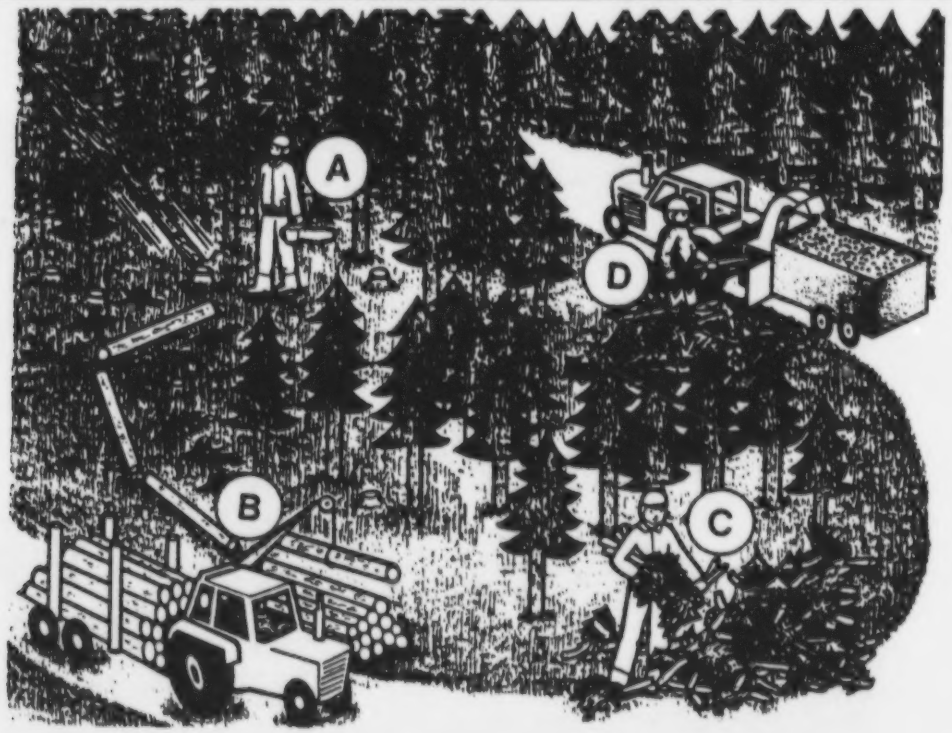


Figure 6.6
Récolte de bois courts à l'aide d'un treuil

A. Les arbres sont abattus, ébranchés et coupés en billes, et les produits sont empilés le long de la piste de hissage.
B. Les billes de sciage et le bois à pâte sont hissés et chargés sur la remorque à l'aide d'une chargeuse munie d'une grue à câble.
C. Les cimes et les branches sont transportées manuellement jusqu'à la piste du tracteur.
D. Les cimes et les branches sont transformées en copeaux.

6.2.3 Méthode 3: bois courts/fûts entiers

Cette méthode exige l'aménagement de pistes de tracteur espacées de 30 à 60 mètres (100 à 200 pieds). Les arbres sont abattus vers la piste à la manière d'une arête de hareng. On enlève les branches, mais sans couper la cime. On coupe les petites billes de sciage et les bâtons de bois à pâte, à l'exception du dernier bout qu'on laisse avec la cime. On empile ensuite ce matériel.

Les billes de sciage, le bois à pâte et les morceaux comprenant la cime sont hissés et chargés sur la remorque à l'aide d'une chargeuse munie d'une grue à câble. La charge est alors transportée jusqu'à un premier dépôt transitoire où les cimes sont coupées directement dans la remorque à l'aide d'une scie à chaîne. Les cimes sont alors transformées en copeaux.

Il s'agit d'un méthode mixte de récolte de bois courts (billes et bois à pâte) et de fûts entiers (une partie de l'arbre est enlevée).

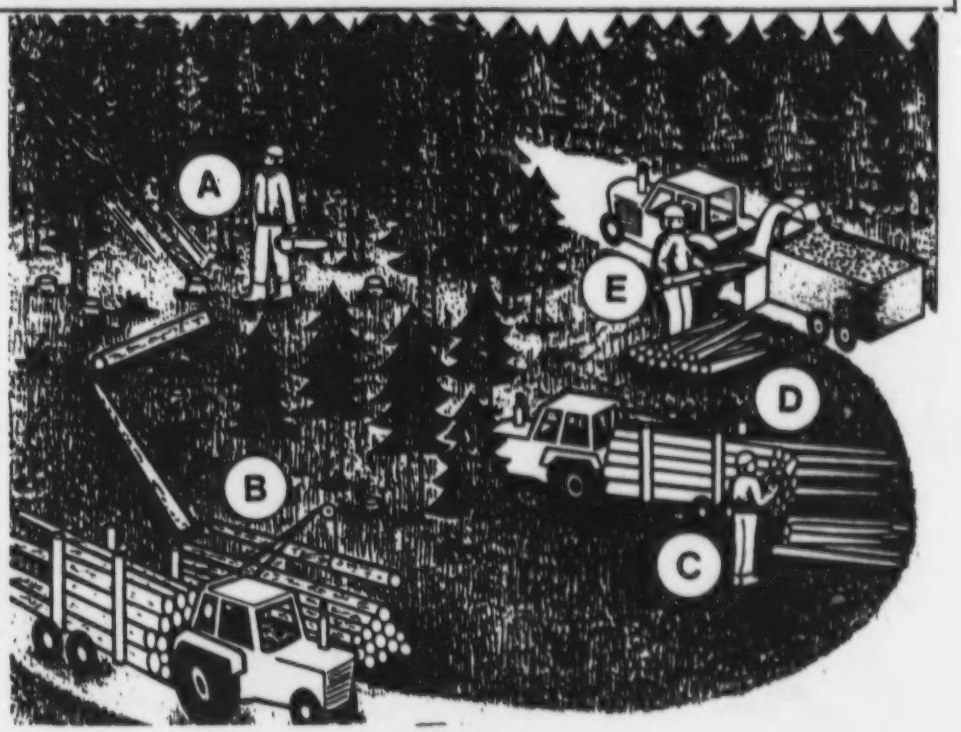


Figure 6.7
Récolte de bois courts/fûts entiers

A. Les arbres sont abattus, ébranchés et empilés le long de la piste de hissage, sans couper les cimes.
B. Les billes de sciage, le bois à pâte et les bouts de bois à pâte avec la cime sont hissés et chargés sur la remorque à l'aide d'une chargeuse munie d'une grue à câble.
C. Une fois au premier dépôt transitoire, les cimes sont coupées et transformées en copeaux.
D. Coupe des cimes.
E. Transformation des cimes en copeaux.

6.2.4 Méthode 4: tout l'arbre

Cette méthode exige l'aménagement de pistes de tracteur espacées de 30 à 60 mètres (100 à 200 pieds). Les arbres sont abattus en sens contraire et perpendiculairement à la piste du tracteur. Ils ne sont ni ébranchés ni coupés en billes. Ils sont par contre empilés le long de la piste de hissage, lorsque c'est possible. Les piles sont alors hissées jusqu'à la piste et les arbres transformés en copeaux de bois.

Cette méthode porte le nom de méthode d'exploitation forestière d'abattage ou de débusquage de tout l'arbre (tout l'arbre est utilisé). Cette méthode ne convient qu'aux peuplements de faibles dimensions dont il n'est pas économique d'extraire une faible quantité de bois à pâte. Le seul facteur restrictif est la capacité de la coupeuse-déchiqueteuse.

Si les arbres sont gros, ils peuvent être coupés en diverses sections de longueurs irrégulières. Cette méthode s'appelle: "méthode d'exploitation par sections d'arbres".

Figure 6.8
Exploitation de tout l'arbre

A. Abattage directionnel des arbres du côté opposé à la piste du tracteur et empilage lorsque c'est possible.
B. Hissage des piles de bois jusqu'à la piste du tracteur.
C. Transformation en copeaux de l'arbre tout entier ou des sections d'arbres (sans conserver le bois à pâte).

6.2.5 Méthode 5: bois courts/débusqueuse

Cette méthode exige l'aménagement de pistes de tracteur espacées de 15 à 30 mètres (50 à 100 pieds). Les arbres sont abattus vers la piste. On coupe les petites billes de sciage, le bois à pâte et les cimes qu'on empile le long de la piste du tracteur. Une débusqueuse ordinaire ramasse les billes et les bâtons de bois de pâte, et les transporte jusqu'à la route ou au premier dépôt transitoire. Les cimes sont alors transportées séparément chez le consommateur et transformées en copeaux.

Cette méthode s'appelle méthode d'exploitation par bois courts étant donné qu'on coupe les billes de sciage, le bois à pâte et les cimes. Dans l'application de cette méthode, le transport jusqu'à la route est effectué à l'aide d'une grosse débusqueuse ordinaire utilisant une chargeuse à grappins munie d'une volée d'articulation.

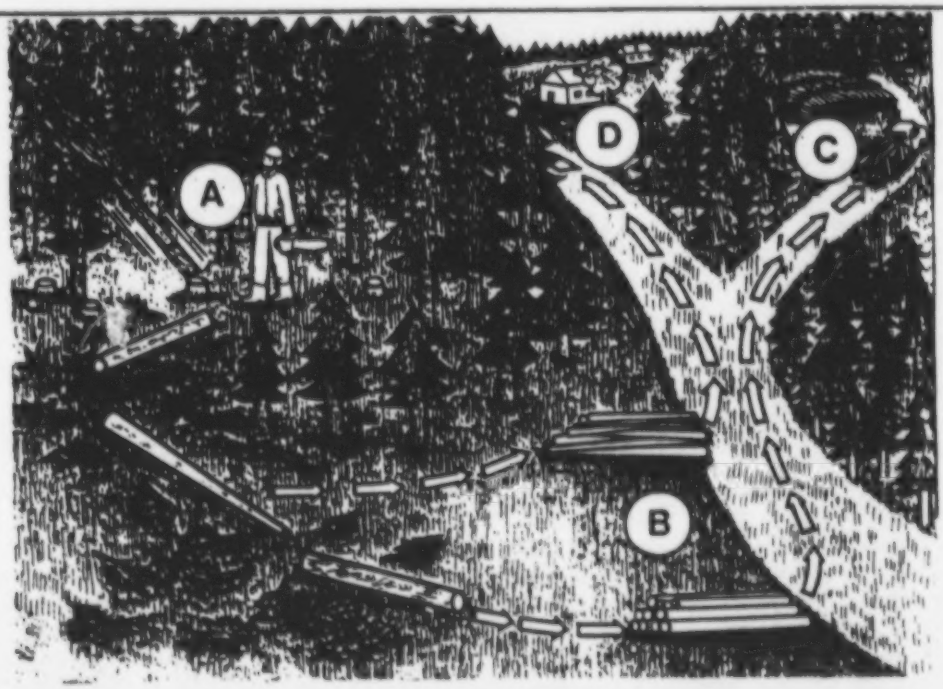


Figure 6.9
Récolte par bois courts

A. Les arbres sont abattus, ébranchés et coupés en billes. Les produits sont séparés manuellement et regroupés dans une zone le long de la piste où l'opérateur du tracteur peut les atteindre.
B. Transport des produits jusqu'au premier dépôt transitoire (billes de sciage, bois à pâte), tandis que les cimes sont transportées jusqu'au dépôt, jusqu'à la route ou encore chez le consommateur où elles sont transformées en copeaux de bois.
C. Billes de sciage et bois à pâte transportés au premier dépôt transitoire.
D. Cimes qui seront transformées en copeaux ou transportées jusqu'à la coupeuse-déchiqueteuse.

6.2.6 Méthode 6: fûts entiers

Cette méthode exige l'aménagement de pistes de tracteur espacées de 30 à 60 mètres (100 à 200 pieds). Les arbres sont abattus en sens opposé à la piste. On n'enlève ni les branches ni les cimes. Les arbres abattus sont hissés jusqu'à la piste du tracteur et passent à travers une ébrancheuse "circulaire" attachée à une souche. Les tiges ébranchées sont alors coupées en billes de sciage et en bois à pâte, tandis que les cimes et les branches sont transformées en copeaux.

L'utilisation d'une ébrancheuse combinée à un treuil permet d'ébrancher les arbres de même que d'empiler le long de la piste les branches ainsi prêtes à être transformées en copeaux. Les tiges ébranchées peuvent également être transportées à l'aide d'un tracteur-treuil à grappins, d'un tracteur-treuil à benne ou d'une débusqueuse jusqu'au dépôt transitoire où elles seront coupées en billes.

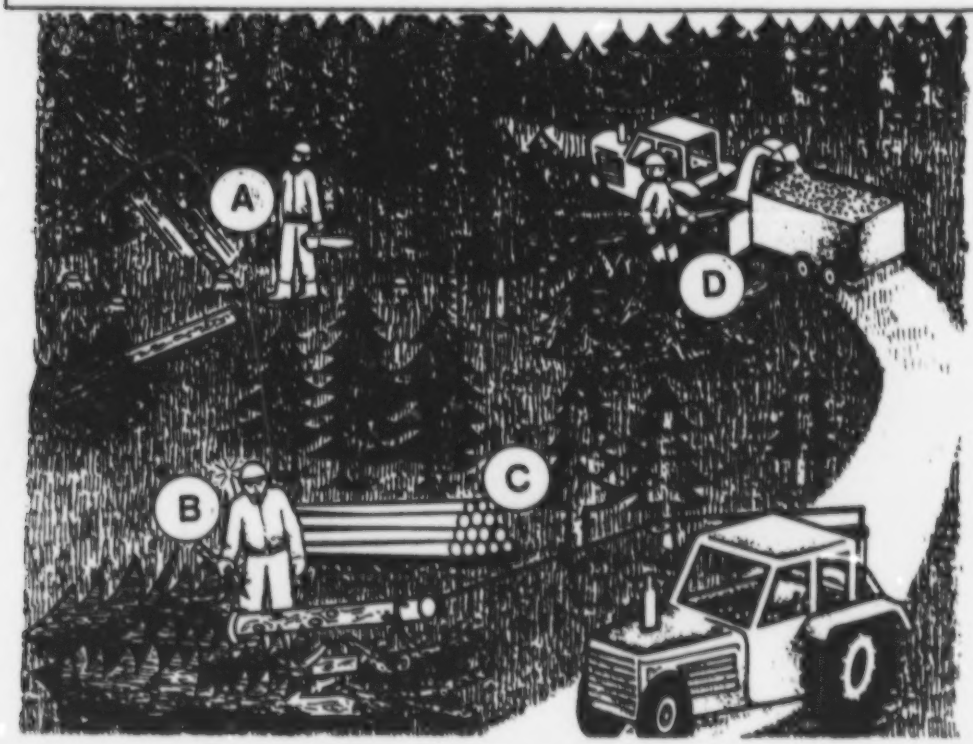


Figure 6.10
Récolte par fûts entiers

A. Abattage directionnel des arbres du côté opposé à la piste du tracteur.
B. Hissage de l'arbre jusqu'à la piste en le faisant passer à travers une ébrancheuse fixée à une souche.
C. Les tiges ébranchées peuvent être coupées sur place ou transportées jusqu'à un dépôt transitoire où elles seront transformées.
D. Transformation des résidus d'abattage en copeaux de bois.

6.3 Méthodes de récolte: coupe rase ou coupe définitive

Une coupe définitive ou coupe rase est une opération qui consiste à enlever tous les arbres et à les transformer en billes de sciage, bois à pâte ou copeaux de bois. L'objectif sylvicole de cette technique est de déboiser un terrain complètement en vue de préparer un nouveau peuplement. Ce dernier peut se développer à partir de petits semis naturels déjà dans le sol (régénération naturelle) ou encore être le résultat de la préparation du terrain et de la plantation de semis (régénération artificielle).

On peut procéder à une coupe rase en employant n'importe laquelle des méthodes décrites dans le chapitre précédent. L'arbre au complet peut être transporté au bord de la route et transformé là (méthode par arbres entiers). On peut également ébrancher les arbres et les préparer en fûts entiers avant de les transporter ou de les transformer (méthode par fûts entiers) ou encore on peut les ébrancher et les couper en billes dans le peuplement afin de les préparer sous forme de billes de sciage, de bois à pâte ou autre (méthode par bois courts).

La transformation des cimes et des résidus en copeaux peut être justifiée dépendant de la quantité disponible.

Les arbres qui font l'objet d'une coupe rase sont arrivés à maturité et sensiblement plus gros que ceux qu'on trouve dans les éclaircies. Si on prévoit produire des copeaux de bois, il serait bon d'utiliser une méthode de débusquage qui regroupe les branches et les cimes à un même endroit afin de réduire le travail de récolte. Le mode d'exploitation comprenant tout l'arbre et le mode d'exploitation par fûts entiers créent ce genre de concentration.

Le débusquage des arbres tout entiers jusqu'à un dépôt provisoire concentre les branches et les cimes en un même lieu, mais cette méthode a pour résultat d'encombrer la zone du dépôt transitoire.

Le fait de débusquer les arbres par fûts entiers jusqu'au dépôt transitoire permet d'y transporter les cimes et un certain nombre de branches afin de pouvoir les transformer en copeaux de bois. Les branches laissées dans le peuplement peuvent ensuite être ramassées et également transformées en copeaux.

Le mode d'exploitation par bois courts permet d'obtenir des billes, du bois à pâte et des cimes. Les branches laissées dans le peuplement peuvent être ensuite ramassées et transformées en copeaux de bois.

6.4 Méthodes de récolte: opérations de nettoyage

Dans les cas où les arbres qui doivent être abattus et transformés en copeaux sont disséminés le long des routes et des champs, l'opérateur a deux possibilités: (1) les abattre et traîner la coupeuse-déchiqueteuse le long des routes, ou (2) les abattre, les ramasser et les transporter jusqu'à la coupeuse-déchiqueteuse.

Quelle que soit la méthode adoptée, l'opérateur devrait abattre les arbres d'une manière qui rende leur manipulation la plus simple possible.

6.5 Coupeuse-déchiqueteuse montée sur tracteur agricole

Une coupeuse-déchiqueteuse actionnée par un tracteur de ferme nécessite un axe d'une puissance d'au moins 30 kW (40 hp). Il est possible de trouver sur le marché divers types de coupeuses-déchiqueteuses de fabrication scandinave pour environ 10 000 $ chacune et on pourra bientôt trouver sur le marché une machine de fabrication canadienne qui se vendra 8 500 $. Ce type de coupeuses-déchiqueteuses peut produire 3 tonnes de copeaux par heure, soit une quantité suffisante pour approvisionner une habitation moyenne en combustible pour un an en seulement quatre heures de fonctionnement.

6.6 Séchage

Les copeaux secs sont stables une fois entreposés, ne gèlent pas dans les silos et brûlent très bien dans la plupart des petites fournaises. Il est par conséquent recommandé de faire sécher le combustible. L'opération de séchage peut s'étendre sur plusieurs jours et se faire en faisant sécher le bois rond en totalité ou en partie avant de le transformer en copeaux ou encore en faisant sécher les copeaux humides une fois produits.

6.6.1 Conditions générales pour le séchage du bois de chauffage

De façon générale, le séchage du bois se produit lorsque la température, le déplacement de l'air et l'humidité relative sont favorables. Si le fil du bois est grandement exposé, les précipitations peuvent rapidement annuler de longues périodes de séchage. Pour bien faire sécher le bois, il faut l'exposer à nu à l'atmosphère. Les températures de l'air favorables au séchage se situent bien au-delà du point de congélation, soit à au moins 10° C de préférence.

> Le séchage est à peu près nul lorsque le bois est exposé à une température inférieure au point de congélation; par conséquent, presque toute la saison froide dans l'ensemble du Canada se prête peu au séchage naturel du bois. Dans les autres parties du Canada où les températures d'hiver pourraient être propices au séchage, l'humidité relative est probablement trop élevée la plupart du temps pour vraiment favoriser le séchage.

6.6.2 Séchage du bois rond

Le fait d'abattre les arbres sans enlever les feuilles et de laisser transpirer l'humidité pendant un certain temps (séchage biologique) peut avantageusement réduire la teneur en humidité du bois. Cette méthode permet aux feuillus d'atteindre une teneur d'environ 40% d'humidité en quelques semaines. Si le bois est ensuite coupé en billes plus courtes et empilé au terme de ces quelques semaines, il devrait sécher davantage. Couper ainsi le bois et l'empiler au moment de l'abattage donne les mêmes résultats, sauf que le bois est sensiblement plus lourd à déplacer. Si l'arbre entier doit être transformé en copeaux, le fait de lui permettre de sécher pendant un certain temps avant l'enlèvement des feuilles permet de réduire la période de séchage requise pour obtenir du matériel d'entreposage stable.

Si la personne doit s'approvisionner elle-même en copeaux ou encore si le distributeur vient tout juste de commencer son commerce et qu'il possède une grande cour à bois mais peu d'espace d'entreposage couvert, le fait d'entreposer et de sécher le bois rond tel quel et de le transformer en copeaux par petites quantités pourrait être une très bonne idée.

Sécher le bois rond en piles donne de très bons résultats lorsqu'une grande surface de bois dénudé est exposée directement à l'air. Le bois qui est recouvert d'une écorce imperméable, comme le bouleau et le merisier, sèche très lentement lorsqu'il est empilé en longues billes. Pour que le bois sèche, il faut que les surfaces de bois rond soient exposées directement à l'air chaud et sec. C'est pourquoi seulement la rangée verticale au bout des grosses piles de bois serrées peut sécher raisonnablement, tandis que les billes de bois rond situées près du sol ou sur le sol sèchent très peu. Il y a tellement de variables associées au séchage naturel du bois rond qu'il est impossible de donner des recommandations précises quant à des méthodes qui seraient valables dans toutes les situations particulières. Une compréhension générale du processus du séchage, tel qu'expliqué ici et dans la partie sur la teneur en humidité, peut aider un individu à satisfaire ses besoins particuliers. L'expérience générale dans l'ensemble du Canada nous indique qu'il faut au moins plusieurs mois d'été chauds et secs pour faire sécher suffisamment les gros morceaux de bois de chauffage. Les longues billes de bois rond prendront plus de temps à sécher que les morceaux de bois plus courts étant donné une moins grande surface de bois exposée. Le stockage du bois rond en vue de son séchage et de sa transformation éventuelle en copeaux peut être planifié en fonction de ces caractéristiques et l'expérience pourra intervenir pour raffiner cette méthode.

6.6.3 Séchage des copeaux

Il existe des techniques bien établies pour sécher rapidement de grandes quantités de particules de bois en utilisant des sources de chaleur très élevée. Toutefois, l'investissement en capital nécessaire pour utiliser ces techniques dépasse les capacités de la plupart des utilisateurs ou des distributeurs de copeaux de bois. Même si le distributeur était assez important, on peut sérieusement douter que la consommation de combustible en vue de sécher du combustible soit justifiable du point de vue économique. L'air réchauffé par le soleil semble être la solution la plus pratique pour le séchage des copeaux.

Un simple copeau de bois présente un rapport surface par volume très élevé et c'est pourquoi il peut sécher facilement. Toutefois, lorsque les copeaux sont empilés en vrac, ils forment une masse à travers laquelle l'humidité ne circule que très lentement. L'espace libre entre les copeaux est petit et c'est pourquoi il faut utiliser une force quelconque pour y faire circuler l'air. Lorsqu'il y a un déplacement d'air, chaque copeau commence à présenter des conditions semblables à celles d'un simple copeau exposé à l'air libre. Le seul facteur restrictif est alors la qualité de l'air qui circule entre les copeaux. Une fois l'air saturé par l'humidité provenant des copeaux, il ne possède plus aucun pouvoir d'assèchement malgré son déplacement à travers la pile de copeaux. La quantité d'air circulant à travers la pile de copeaux et sa qualité au moment où il

pénètre dans la pile sont des facteurs importants pour déterminer la rapidité de séchage d'une masse quelconque de copeaux. Ces variables et leur effets sur le séchage ont été étudiés pour divers types de grains, mais jusqu'à maintenant aucune étude systématique n'a été réalisée, à notre connaissance, pour les copeaux de bois. Des travaux sont actuellement en cours pour étudier cette question, mais entre-temps on ne peut se baser que sur quelques essais pour développer des méthodes et de la quincaillerie pour d'autres cas particuliers.

Entre autres, on peut utiliser un séchoir "par point d'échauffement" conçu pour le grain; ce genre de dispositif fonctionne bien pour refroidir et réduire la teneur en humidité des copeaux humides à divers points dans une pile de copeaux entreposés. On peut également aménager à la base du silo à copeaux un dispositif perforé pour le passage de l'air et utiliser ces ouvertures pour faire circuler l'air à travers les copeaux; cette méthode s'est avérée efficace pour sécher en seulement quelques mois d'été un approvisionnement de copeaux humides qui avaient été produits pendant l'hiver.

Dès que l'étude en cours sera terminée, il sera possible d'obtenir des recommandations quant à la conception du silo à copeaux, aux dimensions du ventilateur et au temps nécessaire pour le séchage compte tenu de diverses conditions.

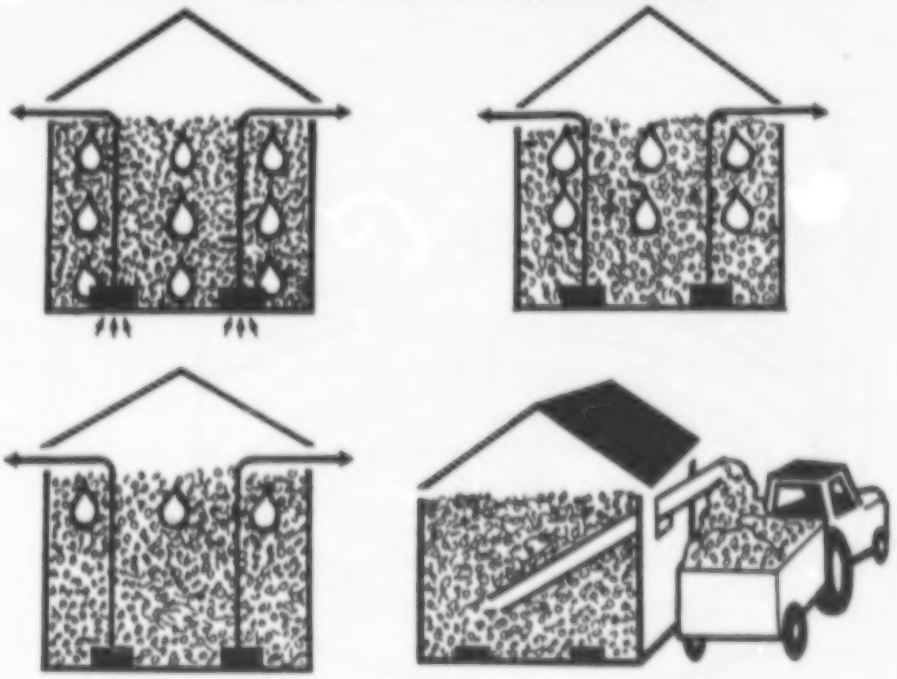


Figure 6.11
Séchage des copeaux dans un silo

Les copeaux ne sèchent pas tous ensemble graduellement. Au contraire, ils sèchent le long d'une ligne qui se déplace dans le silo dans le sens de l'air qui circule. Il y a par conséquent des copeaux humides et des copeaux secs dans le silo pendant le séchage.

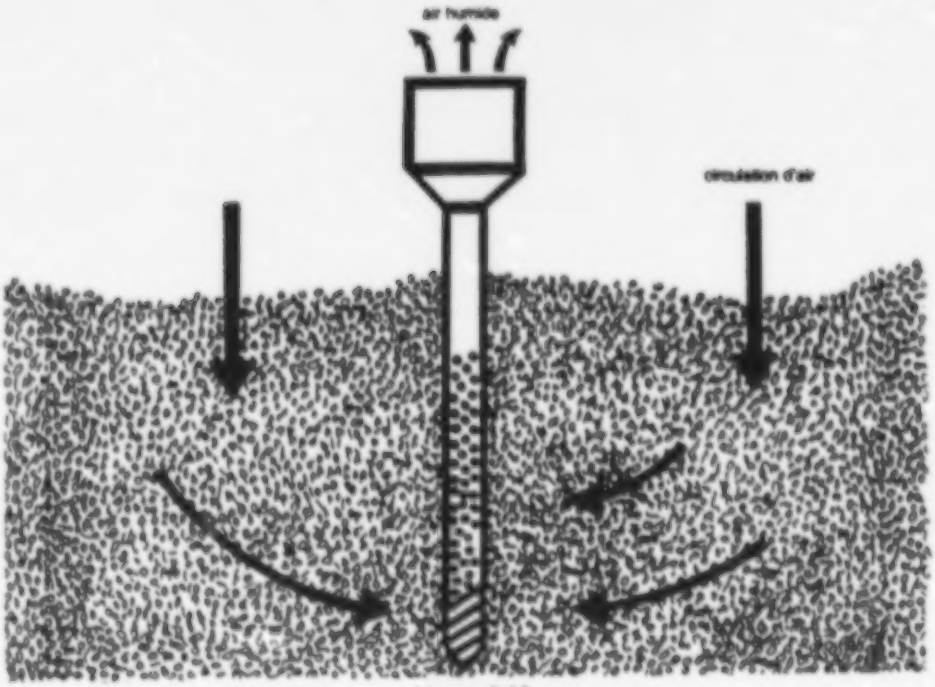


Figure 6.12
Séchoir à grains utilisé pour les copeaux

Dispositif d'aération des grains pour le séchage et la ventilation des copeaux de bois. Le séchoir, muni d'un petit ventilateur, fait circuler l'air à travers les copeaux en l'aspirant à l'intérieur d'un tube perforé et en le rejetant dans l'atmosphère.

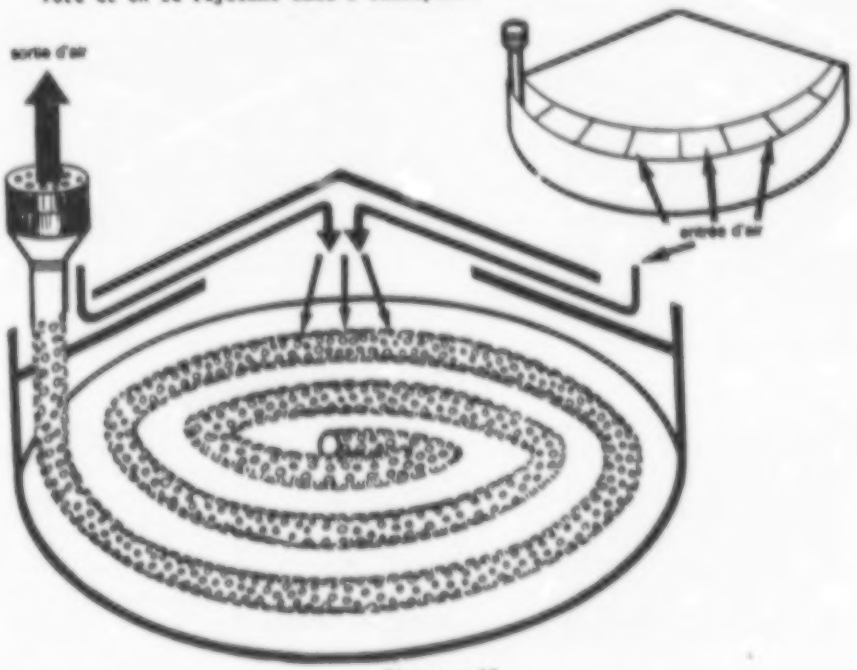


Figure 6.13
Méthode de ventilation pour le séchage des copeaux

Silo de forme conique pour l'entreposage et le séchage des copeaux de bois. Un drain perforé à la base du silo permet de faire circuler l'air à travers les copeaux. L'illustration inférieure montre le tuyau. La petite illustration dans le coin droit montre l'extérieur du silo. La toiture ne ferme pas hermétiquement le long de la bordure et le chevauchement permet à l'air de circuler à travers les copeaux.

6.7 Possibilités pour l'organisation de l'approvisionnement

Lorsqu'un propriétaire terrien individuel ou un petit entrepreneur a l'intention d'entreprendre la production des copeaux de bois pour ses propres besoins ou pour la vente, il doit tenir compte d'un certain nombre d'éléments.

- L'approvisionnement en matières premières. Son lot boisé est-il suffisamment grand? Peut-il acheter des matières premières dans la région? Il faut également tenir compte de la distance et du matériel pour le transport des copeaux.

- La production des copeaux de bois. Les copeaux devraient-ils être produits dans la forêt (le long de la piste du tracteur), à un dépôt transitoire (le long de la route) ou "à domicile" (dans la cour à bois) ou encore dans un centre de distribution?

- Entreposage des copeaux. Est-il préférable d'entreposer le combustible directement sous forme de copeaux ou encore de le laisser sous forme de bois rond dans la forêt, le long de la piste ou à un premier dépôt transitoire, ou encore dans un endroit d'entreposage, près du domicile ou chez le distributeur?

- Qualité et entreposage des copeaux de bois. Faut-il produire des copeaux verts ou secs? Faut-il utiliser des méthodes de sélection et de séchage?

- Matériel. Doit-il acheter tout le matériel ou avoir recours à un entrepreneur pour une partie ou l'ensemble des opérations? Doit-il plutôt compter sur la collaboration d'un certain nombre de propriétaires terriens joignant leurs efforts?

Les deux principes de base consistent:

- à réduire la manipulation des matières premières et des copeaux au minimum. La production de copeaux à partir des résidus d'abattage et d'arbustes est très laborieuse et il est habituellement payant d'étudier avec soin l'ensemble des opérations intervenant à partir de la souche jusqu'au consommateur afin d'éliminer les processus inutiles.
- à utiliser du matériel disponible pour la récolte, la fabrication des copeaux, le transport et l'entreposage.

Il serait sans doute beaucoup plus profitable à l'exploitant de convertir du matériel ou des bâtiments existants plutôt que de commencer à partir de rien. Par exemple, il possède peut-être déjà un tracteur agricole, une grange et des remorques qui conviennent à cette usage. S'il ne possède aucun de ces articles, il serait sans doute économique pour lui de faire appel à un entrepreneur ou d'adopter une approche orientée vers la collaboration.

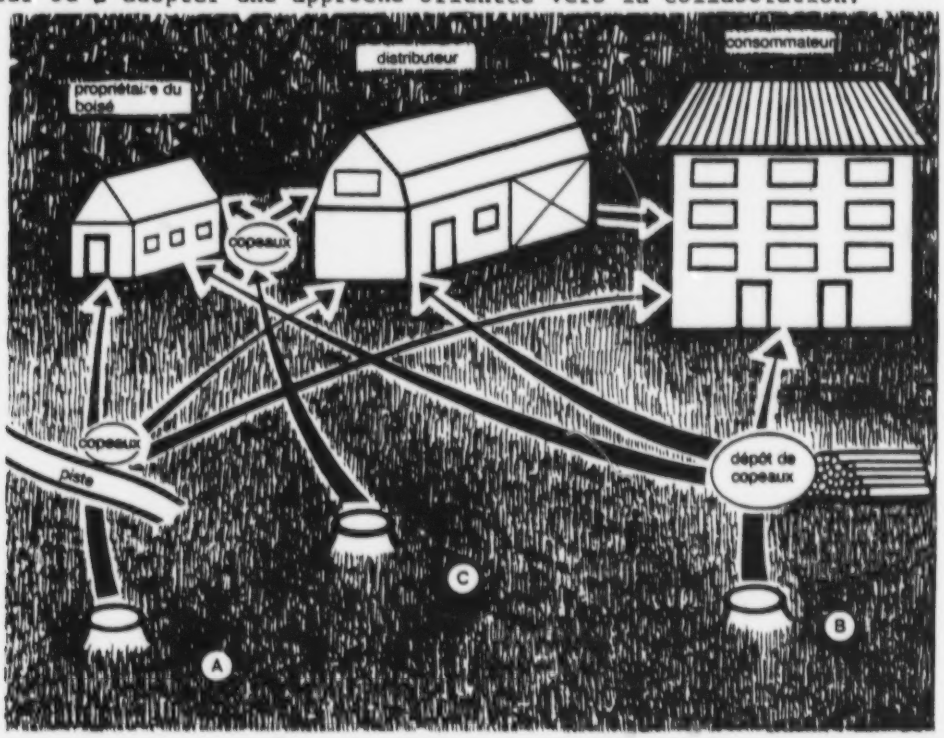


Figure 6.14
Possibilités pour l'exploitation et la distribution

Le propriétaire terrien ou le petit entrepreneur-distributeur peut produire ses propres copeaux de bois (A) dans la forêt, (B) à un dépôt transitoire, (C) à domicile ou dans un centre de distribution. Une attente de 12 semaines entre l'abattage de l'arbre et sa transformation en copeaux améliore les résultats de cette dernière opération et réduit la teneur en humidité des copeaux.

7. EFFETS DE LA QUALITÉ DES COPEAUX SUR LEUR RENDEMENT ET LEUR FACILITÉ D'ENTREPOSAGE

7.1 Teneur en humidité

7.2 Densité et essences

7.3 Valeur marchande des copeaux de bois

7.4 Grosseur des copeaux

7.4.1 Conditions relatives à la production et à la grosseur des copeaux
- (a) Type de coupeuse-déchiqueteuse
- (b) Vitesse et puissance de la coupeuse-déchiqueteuse
- (c) Etat des couteaux
- (d) Grosseur du bois
- (e) Teneur en humidité du bois
- (f) Densité et stade du bois

7.4.2 Conséquences de la variation de la grosseur des copeaux

7.5 Matières étrangères

7.5.1 Gravier et saletés

7.5.2 Spores fongiques

7.5.3 Gros objects étrangers

7. EFFETS DE LA QUALITÉ DES COPEAUX SUR LEUR RENDEMENT ET LEUR FACILITÉ D'ENTREPOSAGE

La qualité des copeaux est déterminée par leur grosseur, leur teneur en humidité, leur contenu en matières étrangères, les essences utilisées, leur dégradation biologique et leur pourcentage d'écorce et de feuillage. La qualité du combustible choisi dépend des caractéristiques du brûleur utilisé.

7.1 Teneur en humidité

La teneur en humidité des arbres vivants varie selon l'essence et la grosseur. Les arbres plus petits, dont l'aubier est plus épais, sont normalement plus humides. L'humidité moyenne des arbres utilisés comme bois à pâte ou billes de sciage est habituellement d'environ 70 % dans le cas des feuillus (arbres à feuillage caduc) et d'environ 90 % dans le cas des résineux (conifères).

> La teneur en humidité par rapport au bois sec est déterminée en pesant d'abord un échantillon de bois humide. Il est alors séché dans un four à 104° C jusqu'à un poids constant. Il suffit de soustraire le poids du bois sec du poids du bois humide pour obtenir le poids de l'eau qui a été extraite du bois. En divisant ensuite le poids de l'eau par le poids du bois sec on obtient une fraction qui, multipliée par 100, donne le pourcentage d'humidité par rapport au bois sec. On peut également mesurer la teneur en humidité du bois solide, entre 7 % et 21 %, en utilisant un humidimètre électrique et des facteurs de correction pour les diverses essences et la température.

De son état humide de bois vivant jusqu'à environ 30 % d'humidité, le bois contient des matières liquides qui favorisent le développement de champignons et par conséquent la pourriture du bois. En temps froid, l'eau peut faire geler les particules de bois ensembles. Au-dessous de 30 % d'humidité, toute l'eau contenue dans le bois est imprégnée dans la substance du bois et c'est pourquoi elle ne peut faire geler le bois ou favoriser la croissance de micro-organismes. On peut donc en déduire que pour tout autre usage que l'entreposage à court terme, il faut faire sécher les copeaux ou le bois solide pour faire baisser le teneur en humidité à moins de 30 %.

Le bois solide humide est susceptible de pourrir. Les copeaux humides peuvent pourrir assez rapidement, se réchauffer sous l'effet de la croissance des champignons et produire de grandes quantités de spores fongiques. De plus, les copeaux humides peuvent geler en hiver et former des masses impossibles à manipuler.

Dans la plupart des régions au Canada, le bois qui atteint un degré d'humidité équilibré avec l'air extérieur a une teneur en humidité qui peut varier de 12 % à 20 % pendant la majeure partie de l'année. Ceci peut toutefois varier, dépendant des conditions locales d'entreposage. Près du sol ou dans un endroit humide, le bois qui n'est pas en contact avec le sol peut contenir environ 30 % d'humidité. Dans le grenier d'un bâtiment d'entreposage chauffé par le soleil, son degré d'humidité peut baisser à moins de 12 %. Les copeaux de bois dont la teneur en humidité est de 30 % au maximum sont l'idéal pour les foyers mécaniques qui brûlent leur combustible directement à l'intérieur de la chambre de combustion de la fournaise, quoiqu'il soit également possible de modifier la chambre de combustion en utilisant des briques réfractaires de sorte qu'ils puissent fonctionner même avec du combustible humide à 100 %. Les foyers mécaniques qui alimentent une chambre de combustion extérieure reliée à la fournaise sont conçus pour fonctionner continuellement avec des copeaux dont la teneur en humidité est de 100 % ou plus. Les copeaux utilisés dans les réchauffeurs doivent avoir une teneur en humidité d'au moins 30 % afin de brûler d'une manière sûre.

Le bois de chauffage sec contient plus d'énergie potentielle par unité de volume que le bois humide. Les fournaises alimentées au bois sec ont un rendement calorifique plus élevé que si elles brûlaient des copeaux humides. Les foyers mécaniques conçus particulièrement pour les copeaux humides sont plus coûteux que ceux qui sont conçus pour les copeaux plus secs. Les désavantages des foyers mécaniques pour copeaux humides, en plus des problèmes d'entreposage et de manutention des copeaux humides par temps froid, semblent rendre ce genre de combustible peu pratique pour la plupart des installations. Le seul cas où l'utilisation des copeaux humides semble vraiment intéressante

est lorsque le combustible peut être produit facilement à partir du bois humide au fur et à mesure des besoins.

7.2 Densité et essences

La densité apparente des copeaux de bois varie selon l'essence, la teneur en humidité, le mode d'emballage et le stade du bois.

> On peut illustrer la différence entre les essences en comparant un mélange de résineux et de feuillus. L'épicéa (Picea), le sapin baumier (Abies balsamea) et le pin (Pinus resinosa et strobus) donnent des copeaux mélangés dont la densité apparente moyenne est d'environ 180 kg par m^3 (11 lb par pi^3), lorsqu'ils sont bien tassés, et ont une teneur en humidité de 20%. L'érable (Acer rubrum et saccharum), le bouleau (Betula lutea et papyrifera) et le peuplier (Populus tremuloides et grandidentata) donnent des copeaux mélangés dont la densité apparente est de 220 kg par m^3 (14 lb par pi^3) dans les mêmes conditions. Il s'agit de copeaux de bois de 12 mm (½ pouce). Le mode de transport et la manutention des copeaux peuvent influer sur leur emballage et c'est pourquoi il est important de toujours les mesurer de la même façon.

Les essences de bois plus denses ont l'avantage de posséder un plus grand contenu d'énergie potentielle par unité de volume et c'est pourquoi elles prennent relativement moins de place pour un contenu d'énergie donné. Le pourrissement affaiblit la densité du bois et réduit la valeur calorifique par unité de volume. La trémie du foyer mécanique doit pouvoir contenir suffisamment de combustible de faible densité pour faire fonctionner l'appareil pendant au moins 24 heures par temps froid. Les réchauffeurs, étant plus limités, peuvent normalement contenir juste assez de combustible pour 12 heures de fonctionnement dans des conditions semblables.

Les foyers mécaniques et les réchauffeurs répondent à la quantité de chaleur requise dans les locaux et non pas à l'énergie par unité de volume de combustible. Si le combustible est moins dense, ils fonctionnement simplement plus longtemps pour réchauffer les locaux. Toutefois, si la densité des copeaux est très faible, il peut être nécessaire de procéder à un certain réglage du fonctionnement. Tant que le brûleur n'est pas à

la limite de ses capacités pour fournir la chaleur, l'utilisation de copeaux de faible densité ne devrait avoir aucun effet sur son fonctionnement normal. Il n'est donc pas nécessaire d'utiliser des copeaux de feuillus denses et de qualité supérieure lorsqu'on adopte ce mode de chauffage.

7.3 Valeur marchande des copeaux de bois

Jusqu'à maintenant, en Amérique du Nord, il y a eu certains essais de fabrication commerciale des copeaux de bois à partir de petites installations, mais ces essais ne sont pas suffisants pour permettre de se faire une idée de la rentabilité d'un type d'exploitation particulier. L'expérience en cours nous offrira les renseignements nécessaires pour combler ce vide et construire un modèle type d'organisation commerciale.

> La facturation de la clientèle pour les copeaux de bois devrait être établie sur l'énergie potentielle de combustion du bois comme c'est le cas pour les combustibles fossiles. Le seul moyen d'y arriver avec suffisamment de justesse et d'uniformité est de peser les copeaux livrés et de déterminer leur teneur en humidité. Les caractéristiques telles que l'essence, le degré de pourriture et l'emballage peuvent tous influer grandement sur la densité apparente des copeaux et c'est pourquoi le fait de ne mesurer que le volume peut seulement servir de guide approximatif. Lorsqu'il s'agit de petites quantités de copeaux, et d'ici à ce que des pesées automatiques soient disponibles, il est possible de peser divers volumes représentatifs des copeaux provenant d'un chargement et d'utiliser le volume total pour obtenir un poids total approximatif. Les seuls instruments nécessaires sont une petite boîte de volume connu et une échelle graduée.

7.4 Grosseur des copeaux

Les copeaux de bois normalement produits pour les réchauffeurs et les foyers mécaniques d'usage domestique sont plus petits que les copeaux de bois à pâte. Les dimensions moyennes des copeaux de bois servant au chauffage sont de 12 mm par 12 mm par 3 mm ($\frac{1}{2}$ par $\frac{1}{2}$ par 1/8 pouce). Ces petites dimensions facilitent le déplacement dans les petits silos et les petites vis d'alimentation. Le rapport surface par volume de ces petits copeaux est également excellent dans le cas des petites chambres de combus-

tion. Ces petits copeaux produisent de petites particules de cendres légères que le courant d'air primaire de la chambre de combustion peut facilement déplacer.

La grosseur des copeaux dépend du type de coupeuse-déchiqueteuse, de la finesse du tranchant des couteaux, de la puissance du moteur, du diamètre du bois rond transformé en copeaux, de la teneur en humidité du bois, de la densité du bois et du degré de pourrissement du bois.

7.4.1 Conditions relatives à la production et à la grosseur des copeaux

(a) Type de coupeuse-déchiqueteuse

Si elles sont bien entretenues et manoeuvrées d'une manière appropriée, les coupeuses-déchiqueteuses montées sur tracteur agricole qu'on utilise habituellement pour produire les copeaux de bois peuvent produire des copeaux d'une uniformité satisfaisante. Les machines les plus fréquemment utilisées sont les coupeuses-déchiqueteuses à disque, parce qu'elles sont simples à utiliser et faciles à réparer. Certaines de ces machines sont munies de rouleaux entraîneurs motorisés qui aident à faire avancer le bois et à le tenir solidement pendant qu'il est transformé en copeaux. Ce dispositif aide à la fabrication de copeaux uniformes, particulièrement lorsqu'il s'agit de matières de faible diamètre. Les coupeuses-déchiqueteuses qui sont également munies d'un broyeur de copeaux produisent habituellement des copeaux plus uniformes que celles qui n'en sont pas munies. Le broyeur fend et fragmente les copeaux de plus grandes dimensions produits par les couteaux.

(b) Vitesse et puissance de la coupeuse-déchiqueteuse

Les coupeuses-déchiqueteuses sont conçues pour fonctionner à une vitesse de rotation particulière, soit habituellent à 540 tours-minute en ce qui concerne les coupeuses-déchiqueteuses montées sur tracteur. Lorsque l'appareil fonctionne à une vitesse inférieure à sa vitesse prévue, en cas de surcharge par exemple, le pourcentage de copeaux de dimensions excessives augmente. Ceci est dû à la réduction du broyage au moment du déchiquetage.

lorsque les copeaux passent à travers le broyeur. Une coupeuse-déchiqueteuse dont la puissance est suffisante produira par conséquent des copeaux plus uniformes qu'une autre dont la puissance est insuffisante.

(c) Etat des couteaux

Lorsque les couteaux de la coupeuse-déchiqueteuse sont tranchants, ils produisent de meilleurs copeaux et sont plus économes en énergie que lorsqu'ils sont émoussés. Les couteaux émoussés produisent des copeaux plus gros et des éclats de bois puisqu'ils fendent le bois plutôt que de le couper, particulièrement lorsqu'il s'agit du bout d'un bâton déchiqueté ou encore de morceaux de bois de faible diamètre, comme des tiges. L'action pulvérisante des couteaux émoussés produit plus de poussière et de petites particules, particulièrement lorsque le bois est très sec, de faible densité ou pourri.

(d) Grosseur du bois

Lorsqu'on fabrique des copeaux avec de petits morceaux de bois, il arrive fréquemment, particulièrement si les couteaux sont émoussés, que les tiges tournent sur le côté et passent à travers les couteaux sans être réduites en petits copeaux de bois. C'est pourquoi on trouve alors de petites tiges atteignant jusqu'à 10 cm (4 pouces) de longueur dans les copeaux. Les plus grosses tiges peuvent contribuer à bloquer la vis d'alimentation lorsque leur diamètre correspond à peu près à l'espace libre entre la vis d'alimentation et le tube. Elles peuvent également gêner le déplacement des copeaux dans la trémie et l'ouverture de la vis d'alimentation. Une certaine quantité de ces grosses particules peut être tolérée avant que ne se produise une défaillance de l'appareil, dépendant du type d'appareil et des conditions de fonctionnement.

Les vis d'alimentation à faible vitesse (1 à 10 tours-minute), à espace libre assez grand (environ 2 cm ou 3/4 de pouce) et à couple de force élevé qu'on trouve dans la plupart des foyers mécaniques ont peu de difficulté avec les grosses particules. Par comparaison, une vis à grain de 10 cm (4 pouces) ayant à peu près le même espace libre mais tournant à une vitesse de 500 tours-minute bloque régulièrement à cause de particules semblables. Le moteur des vis à grain a une puissance semblable à celui des foyers mécaniques, mais étant donné qu'il tourne à une vitesse plus élevée, son couple de force est moindre. Il semble également y avoir une forte relation entre les dimensions des particules et l'espace libre dans la vis d'alimentation. L'espace libre de la vis à grain, quoiqu'à peine plus petit que celui des vis de foyers mécaniques, est peut-être en decà du niveau critique.

(e) Teneur en humidité du bois

Le bois humide se coupe mieux et exige moins d'énergie pour le couper que le bois sec. Au-dessus d'environ 30 % d'humidité, le bois se fend sans présenter de caractéristiques particulières. En decà de 30 % d'humidité, le bois devient de plus en plus difficile à couper et plus susceptible de se fragmenter. Lorsque le bois est déchiqueté à l'état sec, il en résulte un plus grand nombre de particules fines. Le bois humide est plus élastique que le bois sec. Les petites tiges et branches humides ont plus de chance que celles qui sont sèches de se retrouver sur l'arbre de la coupeuse-déchiqueteuse au lieu d'être déchiquetées par les couteaux. Il peut par conséquent être avantageux de les faire sécher quelque peu, comme dans le cas du séchage biologique, lorsque de grandes quantités de matières de faible diamètre doivent être déchiquetées.

(f) Densité et stade du bois

Le bois de densité élevée se coupe habituellement mieux et est moins endommagé par la coupe que le bois plus mou. Le bois qui a été attaqué par les champignons perd rapidement de sa force même si seulement une faible quantité de bois a été désagrégée par les champignons. Le bois pourri ou de faible densité se fragmente plus facilement pendant la coupe que le bois plus dur et de densité plus élevée. Le bois de faible densité ou pourri produit

un plus grand pourcentage de particules fines que le bois plus dense et plus dur. Dans des conditions de coupe équivalentes, la résistance du bois plus mou est moindre, mais la masse de bois produit par unité de temps est également moindre.

7.4.2 Conséquences de la variation de la grosseur des copeaux

Les copeaux de grosseur moyenne circulent bien dans les trémies et les silos, se déplacent facilement à travers les vis d'alimentation de conception appropriée et brûlent bien dans les petites chambres de combustion. Les grosses particules tendent plutôt à engorger les copeaux et parfois même à bloquer la vis d'alimentation. Les toutes petites particules (poussière de bois) sont salissantes et peuvent causer des problèmes respiratoires aux personnes qui y sont exposées. C'est pourquoi la quantité de bois déchiqueté en particules très grosses ou très petites devrait être réduite au minimum. Il faut autant que possible maintenir les conditions favorables à la production de copeaux de grosseur moyenne.

Certains types de foyers mécaniques, dont la vis d'alimentation présente un espace libre suffisant, permettent l'utilisation de plus grandes quantités de grosses particules dans le réseau d'alimentation sans causer aucun problème. Les grosses particules ont tendance à rester dans la masse de copeaux de la trémie plutôt que d'entrer dans la bouche d'alimentation. Elles peuvent ainsi graduellement représenter une fraction de plus en plus importante du combustible présent dans la trémie à moins qu'on ne laisse cette dernière se vider périodiquement. Le fait de ne pas laisser la trémie se vider complètement de temps en temps peut résulter en un blocage de la sortie du silo par les grosses particules si ces dernières se présentent régulièrement en grande quantité dans le combustible.

Les copeaux devraient être examinés afin d'en enlever les plus grosses particules. Il serait également préférable d'enlever la poussière. Lorsqu'une attention particulière est apportée au type de matériel utilisé pour le déchiquetage et le transport des copeaux (y compris la vis du foyer mécanique) ainsi qu'au fonctionnement du matériel concerné, l'examen des copeaux n'est apparemment plus aussi important. S'il s'agit d'une production commerciale, l'augmentation de la qualité et de l'uniformité des copeaux résultant de leur tri pourrait cependant justifier le faible coût

de cette opération.

La quantité de poussière produite par le déchiquetage du bois pourri ou très sec peu être considérable. Il est possible d'éliminer les effets nocifs de la poussière en portant un masque anti-poussière pour la manutention des copeaux. On peut réduire le problème de la poussière en isolant l'aire d'entreposage des copeaux du reste du bâtiment. Les fines particules de poussière de bois qui se trouvent dans l'air peuvent être explosives dans certaines conditions. Il s'agit d'un facteur dont il faut tenir compte lorsqu'on sait que des copeaux contenant de la poussière seront agités dans un endroit fermé. Il ne semble pas toutefois qu'il y ait eu jusqu'à maintenant des explosions résultant de la poussière de bois. Néanmoins, il faut tenir compte de cette possibilité dans la conception des installations où les copeaux contenant de la poussière seront manipulés.

Les particules aux propriétés duveteuses et adhérentes, comme la sciure de bois, et les longues particules fibreuses, comme les copeaux de rabotage et les vrillons de tour, peuvent également être utilisées dans les vis d'alimentation de foyers mécaniques. Cependant, les plus longues particules risquent de s'engorger, dans la trémie et la boîte coupe-feu, à moins d'être mélangées avec une certaine quantité de copeaux de bois. Lorsqu'on prévoit l'utilisation de ces autres types de particules de bois dans l'appareil, il est bon de penser à munir la trémie d'un dispositif d'agitation des copeaux. Un tel dispositif peut laisser plus de flexibilité dans le choix du combustible.

7.5 Matières étrangères

Des matières étrangères peuvent se présenter dans les copeaux de bois sous des formes très variées. Au moment du déchiquetage, du gravier et diverses saletés peuvent se retrouver à la surface du bois. Des particules de sol peuvent être ramassées avec les copeaux si ces derniers ont été empilés sur le sol. Des spores fongiques peuvent se développer dans les copeaux s'ils sont entreposés à l'état humide. Divers objets étrangers, tels que des pierres, des bouts de câble ou de fil et des clous, peuvent parfois être mélangés avec les copeaux. Toutes ces matières étrangères peuvent causer des problèmes. Les méthodes utilisées

pour la manutention et l'entreposage des copeaux devraient pouvoir réduire au minimum la présence des matières étrangères.

7.5.1 Gravier et saletés

L'action abrasive du gravier et des saletés émousse les couteaux de la coupeuse-déchiqueteuse et érode la vis ainsi que le tube d'alimentaion. C'est cette action abrasive qui rend nécessaire l'aiguisage des couteaux de la coupeuse-déchiqueteuse. Les vis d'alimentation à vitesse lente et à forte puissance utilisées dans les foyers mécaniques s'usent et s'affaiblissent rapidement lorsque la compression du combustible est forte, à moins que le filet de la vis ne soit épais et résistant. Ce sont les particules abrasives présentes dans le combustible qui sont grandement responsables de cette usure.

Le gravier et les particules de sol composent une grande partie des matières incombustibles qui s'accumulent dans la chambre de combustion des appareils de chauffage.

> Dans le cas des foyers mécaniques alimentés aux copeaux de bois, ces matières sont plus lourdes que la cendre et c'est pourquoi elles s'accumulent dans la partie inférieure de la zone de combustion. Ceci encrasse la grille et ralentit la circulation de l'air primaire. Les cendres, étant plus légères, sont facilement repoussées à l'extérieur de la zone de combustion par le courant d'air et sont par conséquent moins susceptibles de causer un problème d'encrassement. La fréquence du nettoyage de la grille est directement proportionnelle à la quantité de gravier et de particules de sol dans les copeaux. La présence de matières étrangères dans les copeaux de bois est probablement inévitable et c'est pourquoi la grille doit être conçue de sorte qu'elle soit facile à nettoyer manuellement ou automatiquement.

7.5.2 Spores fongiques

Les copeaux humides conservés dans un endroit chaud et peu aéré constituent un milieu très favorable à la croissance des champignons. L'écorce et le feuillage contenus dans les copeaux favorisent encore

davantage les conditions propices à cette croissance. Habituellement, les premiers champignons qui apparaissent proviennent du bois pourri et de la moisissure qui se développe facilement à la température de la pièce. La chaleur qui se dégage de ces champignons fait augmenter la température des copeaux, étant donné que ces derniers sont de bons isolants thermiques. Lorsque la température est plus élevée, un autre type de champignon (particulièrement l'aspergillus) tend à se développer et à envahir la colonie précédente. Il est même possible que la croissance de ce type de champignon, particulièrement favorisée par la présence de chaleur, élève la température des copeaux jusqu'au point d'ignition. Même si tel n'est pas le cas, les champignons en question produisent de grandes quantités de spores qui peuvent causer des allergies ou des maladies fongiques (c-à-d. l'aspergillose) aux personne qui viennent en contact avec elles pendant des périodes prolongées.

> La meilleure stratégie consiste sans doute à prévenir tout simplement la croissance des champignons; néanmoins, si ces derniers se développent, il faut vraiment éviter que les personnes soient exposées aux spores elles-mêmes. Les spores sont très petites, environ 4 micromètres (deux dix-millièmes de pouce), et très légères, de sorte qu'elles s'élèvent très facilement dans l'air et qu'elles exigent un bon masque anti-poussière pour les filtrer. La meilleure façon de protéger celui qui les manipule, et d'éviter également qu'il contamine sa famille et ses confrères de travail, est de porter un masque anti-poussière efficace et des vêtements de travail (y compris des protecteurs pour les oreilles). Un autre moyen pour éviter d'infecter l'intérieur de la maison est de charger la trémie directement de l'extérieur en utilisant une glissière ou un tube fermé hermétiquement.

7.5.3 Gros objets étrangers

Bien d'autres objets étrangers peuvent se retrouver dans les copeaux de bois. En autant qu'ils passent à travers la vis d'alimentation, ils se rendent jusque dans la fosse aux cendres et ne causent aucun problème

particulier. Les roches, les particules de béton, les bouts de câble ou de fil, les clous, les ressorts, les morceaux de vitre et même une longue pointe métallique de 15 cm (6 pouces) sont autant d'éléments divers qui ont déjà été trouvés parmi les cendres du pot de grille dans de petits foyers mécaniques. Les gros objets bloquent la vis d'alimentation et doivent être enlevés. Etant donné tout le trouble et toute la saleté que cela représente dans le cas d'un silo plein de copeaux de bois, il est préférable d'éviter cette situation. L'un des moyens pour éviter ce problème est de contrôler avec soin la qualité des copeaux. Ceci peut être une raison suffisante pour justifier le tri des copeaux, si la seule présence de grosses particules de bois ne l'était pas. Avec le type d'appareil approprié, particulièrement s'il y a suffisamment de jeu dans la vis d'alimentation, les objets étrangers (ou les gros copeaux) de grosseur raisonnable pourront passer dans la vis d'alimentation et, par conséquent, il devient inutile de procéder à un tri trop sévère.

8. CONSIDÉRATIONS FINANCIÈRES

8.1 Coût de l'appareil

8.2 Frais d'installation

8.3 Entretien et réparations

8.4 Coût du combustible

8.5 Coût du silo

8. CONSIDÉRATIONS FINANCIÈRES

Les coûts peuvent varier selon l'installation choisie et dépendent des éléments suivants:

- choix de l'appareil (foyer mécanique, réchauffeur)
- prix de l'appareil
- type de réseau de distribution (air, eau)
- appareil d'appoint utilisé (existant, nouveau)
- état de la cheminée
- facilité d'accès pour l'installation

8.1 Coût de l'appareil

De façon générale, les chaudières à eau chaude et les fournaises à air chaud alimentées aux copeaux de bois coûtent environ le même prix que les appareils de chauffage aux morceaux de bois de dimensions équivalentes. En dollars canadiens de 1981, les fournaises à air chaud coûtent environ 1 000 $ et les chaudières à eau chaude varient de 1 500 $ à 2 000 $. Les foyers mécaniques utilisés pour l'un ou l'autre de ces appareils sont identiques et coûtent entre 1 500 $ et 2 500 $, tandis que les réchauffeurs coûtent environ 2 000 $.

8.2 Frais d'installation

Il faut compter ici tant le temps que les matériaux. La réfection peut représenter de un à deux jours de travail. Il faut également tenir compte de l'utilisation de divers matériaux, tels que le métal en feuille ou les fournitures de plomberie et d'installation électrique. Le coût total est d'environ 1 000 $. L'installation d'un appareil de chauffage aux copeaux de bois dans un nouveau bâtiment coûte environ le même prix que celle d'un appareil alimenté au combustible fossile, à l'exception du coût du foyer mécanique ou du réchauffeur et du silo à copeaux.

Les frais d'installation et la qualité du travail et des matériaux peuvent varier considérablement d'un entrepreneur à un autre.

8.3 Entretien et réparations

Les travaux d'entretien qu'exige le nettoyage semi-annuel, ainsi que l'inspection et le réglage sont sensiblement identiques aux opérations normales exigées pour les appareils au mazout et devraient représenter à peu près les mêmes dépenses. Les frais courants (1981) pour l'entretien normal à Fredericton (N.-B.) sont d'environ 30 $ l'heure. Deux visites de deux heures chacune devraient être le maximum requis dans une année. Il est impossible de prévoir combien il en coûtera pour le service de dépannage. Toutefois, les appareils de chauffage aux copeaux sont simples, et dans bien des cas, le propriétaire ou le préposé peut découvrir et réparer le problème sans avoir à appeler l'expert en réparations.

8.4 Coût du combustible

Le bois de chauffage séché et coupé peut représenter une économie par rapport à la quantité équivalente de tout autre combustible. Là où le bois de chauffage est disponible localement, l'utilisation de copeaux de bois comme combustible représenterait les mêmes avantages économiques dans une même situation.

Une corde de bois de chauffage constituée de bois dur de grande densité contient environ 80 pi^3 de bois solide dans un volume de 128 pi^3 et pèse environ 1,6 tonnes à 20 % d'humidité. Pour que le prix des copeaux de bois soit équivalent à celui des gros morceaux de bois, il faut diviser le prix du bois de chauffage par corde par 1,6 pour obtenir le prix des copeaux de bois par tonne à 20 % d'humidité.

Selon une évaluation obtenue dans le cadre du projet de chauffage aux copeaux de bois de l'Île-du-Prince-Edouard, le coût de production de 1 tonne de copeaux de bois à 20 % d'humidité en 1981 était de 46 $. Ces chiffres sont basés sur une expérience de production de copeaux de bois pour 30 habitations au cours de la saison froide 1980-1981.

Dans une maison chauffée aux copeaux de bois à Fredericton, pour la saison froide 1980-1981, on a utilisé en moyenne une tonne de copeaux de bois à 20 % d'humidité par 442 l de mazout dans une fournaise à air chaud. Le remplacement du pétrole par les copeaux de bois dans une maison utilisant un appareil à eau chaude, qui fournit également l'eau chaude domestique, a représenté environ une tonne de copeaux à 20 % d'humidité par 416 l de mazout. Ces maisons sont décrites en détail à l'annexe IV.

8.5 Coût du silo

Il faut prévoir le stockage d'un approvisionnement en copeaux d'au moins quelques semaines sur les lieux de l'appareil de chauffage. Le coût de l'installation pour l'entreposage des copeaux devraient être inclus dans les prévisions. Ce coût peut varier grandement selon les dimensions et le type d'installation. Par example, il peut être possible d'utiliser des bâtiments existants pour entreposer les copeaux, ce qui permettrait d'économiser le coût d'une telle installation. L'aménagement d'une cloison pourrait suffire pour créer un espace de stockage. Dans d'autres cas, il pourrait être préférable d'utiliser un silo métallique ou en contreplaqué. Le coût de l'installation pour l'entreposage peut par conséquent varier de pratiquement rien à quelques milliers de dollars pour un silo métallique pouvant contenir un approvisionnement en copeaux pour un an.

9.0 RÉSUMÉ

Le chauffage aux copeaux de bois peut représenter une solution de rechange intéressante là où il est facile d'obtenir le type de bois approprié. Les copeaux brûlent mieux et d'une manière beaucoup plus propre que les morceaux de bois. On peut les fabriquer à partir de résidus forestiers et d'autres matières forestières inutilisables. Les pays scandinaves ont déjà mis en place une infrastructure pour la récolte des résidus forestiers et le brûlage des copeaux de bois. Ceci peut servir d'exemple.

Il est possible de rénover la plupart des bâtiments en fonction des appareils de chauffage aux copeaux de bois. Dans certains cas, ce type d'installation est assez peu coûteux et facile à mettre en place. Il est même possible parfois de munir l'appareil de chauffage existant d'un foyer mécanique sans même apporter aucune modification au bâtiment. Il est important de suivre les procédures approuvées lorsque l'on procède à une telle conversion. En effet, il faut accorder un grand soin à la conception des appareils de chauffage aux copeaux de bois afin qu'ils soient vraiment utiles et pratiques.

Les copeaux de bois prennent plus de place que les combustibles fossiles. Les installations nécessaires pour alimenter la fournaise en copeaux de bois sont passablement plus volumineuses que celles qui sont requises pour les combustibles liquides ou gazeux. Néanmoins, la plupart des habitations ou bâtiments peuvent facilement être munis d'un appareil de chauffage aux copeaux en plus d'un approvisionnement en combustible pour quelques semaines.

Il existe au Canada des normes de sécurité pour les foyers mécaniques et pour leur mise en place. Elles sont préparées par l'Association canadienne de normalisation. La partie concernant la mise en place des appareils figure dans le Code national du bâtiment.

Il y a divers types d'appareils qui ont été conçus pour la consommation des copeaux de bois. Cependant, si plusieurs appareils ont été perfectionnés jusqu'à maintenant, tous ne sont pas encore disponibles en Amérique du Nord. Parmi les appareils actuellement perfectionnés, il y a les foyers mécaniques à alimentation par le dessus ou par en-dessous reliés directement à l'appareil de chauffage, les foyers mécaniques reliés à une chambre de combustion externe et les réchauffeurs alimentés par gravité. Chaque dispositif possède ses propres caractéristiques de fonctionnment, d'entretien et de commodité.

On peut évaluer le rendement de chacun de ces appareils avec les mêmes instruments qu'utilise normalement l'expert en réparations pour les fournaises au mazout. Il peut être utile d'avoir un guide de dépannage pour aider les opérateurs et les experts à découvrir le problème et à procéder aux réparations appropriées. Les foyers mécaniques sont suffisamment simples pour que la personne qui s'occupe de l'entretien puisse, si elle s'intéresse à la mécanique, s'occuper elle-même de presque tous les soins d'entretien et les travaux de réparations.

Plusieurs méthodes différentes d'éclaircies forestières et de récolte du bois à l'aide de tracteurs agricoles munis d'accessoires peuvent servir à la production des copeaux de bois. L'application de ces méthodes permet également de procéder en même temps à l'exploitation d'autres types de produits, soient le bois à pâte et les billes de sciage. La méthode d'exploitation devrait être choisie en fonction des matières premières disponibles et du genre de traitement qu'on désire appliquer au peuplement forestier.

Lorsque les copeaux de bois sont entreposés dans un endroit chaud, ils restent stables uniquement s'ils sont secs. Par ailleurs, les copeaux humides sont difficiles à manipuler lorsqu'ils commencent à geler. La combustion donne normalement un meilleur rendement lorsque les copeaux sont secs, mais les copeaux à forte teneur en humidité sont parfois acceptables. Le séchage des copeaux est une opération simple qui ne requiert que l'énergie nécessaire pour faire circuler l'air à travers les copeaux. Le séchage du bois rond semble également plutôt facile, mais bien des facteurs rendent cette opération difficile. En effet, le bois rond sèche très lentement lorsque les bouts de bois sont assez longs. Le fait d'abattre les arbres en leur laissant leurs feuilles et d'attendre quelques semaines avant de les transformer en copeaux peut accélérer le processus de séchage des copeaux et faciliter la transformation des tiges en copeaux de bois.

Le degré de fiabilité des appareils de chauffage aux copeaux de bois dépend particulièrement de la grosseur des copeaux et de la quantité de matières étrangères qu'ils contiennent. La poussière et les spores fongiques présentes dans les copeaux de bois peuvent causer des problèmes de santé. Ces questions devraient être l'objet d'un contrôle de la qualité par tout producteur commercial. Il est possible d'obtenir de la documentation sur les divers processus utilisés pour l'évaluation et le contrôle des copeaux.

En dollars canadiens 1981, une fournaise à air chaud coûte 1 000 $. Le prix d'une chaudière à eau chaude est d'environ 2 000 $. Pour brûler des copeaux de bois dans ces appareils, il faut utiliser un foyer mécanique dont le coût varie entre 1 500 $ et 2 000 $ ou encore un réchauffeur qu'on peut obtenir pour 1 000 $. Ce dernier coûte moins cher, mais il possède plusieurs désavantages. La réfection des appareils à air chaud ou à eau chaude dans les bâtiments existants coûtent environ 1 000 $ en main-d'oeuvre

et en matériaux. Dans les nouveaux bâtiments, l'appareil de chauffage aux copeaux de bois est fondamentalement identique aux appareils consommant des combustibles fossiles, sauf pour l'achat supplémentaire d'un foyer mécanique ou d'un réchauffeur et la mise en place d'un mode d'entreposage des copeaux. Le prix des copeaux de bois correspond probablement au prix du bois de chauffage conventionnel.

Le coût des coupeuses-déchiqueteuses qu'on peut fixer derrière un tracteur agricole, et dont la capacité de production est d'environ 3 tonnes de copeaux par heure, varie entre 8 500 $ et 10 000 $.

ANNEXES

I. GLOSSAIRE DE TERMES TECHNIQUES
II. FACTEURS DE CONVERSION
III. COURBES DU RENDEMENT
IV. ÉTUDE DE CAS
V. GUIDE D'OUVRAGES À CONSULTER
VI. INDEX PERSONNEL

ANNEXE I

GLOSSAIRE

Abattage directionnel	- le fait d'abattre des arbres dans une direction particulière pour faciliter le ramassage.
Arbre entier	- arbre tout entier avec ses branches qu'on transporte ainsi hors de la forêt.
Bâton de bois à pâte	- un morceau de bois de 4 pi ou de 8 pi de longueur qu'on utilise pour produire de la pâte de bois.
Bois asséché	- bois qui a perdu une quantité importante de son humidité originale. Il n'existe pas de définition universelle applicable à la teneur en humidité de ce type de bois.
Bois court	- partie du tronc d'un arbre mesurant 2 pi, 4 pi, 8 pi ou 16 pi qui sera éventuellement transformée en bois à pâte, bois d'oeuvre ou bois de placage, selon sa longueur.
Bois ou copeaux de bois vert	- bois fraîchement coupé, non séché, ou copeaux provenant d'un arbre vivant.
Bois séché au four	- bois séché jusqu'à son poids constant à environ 105° C et à un faible degré d'humidité. Par définition ce bois a un degré zéro d'humidité.
Btu	- une unité thermique britannique. Cette unité correspond à la quantité d'énergie nécessaire pour faire augmenter la température de 1 lb d'eau de 1 degré Fahrenheit.
Champignons	- famille de végétaux, dont font partie le mildiou et la moisissure, n'ayant ni feuilles ni fleurs (et dépourvus de couleur verte) qui se reproduit au moyen de spores.
Chargeur à câble	- petit dispositif sous forme de grue muni d'un câble métallique et fixé à un tracteur agricole. Ce mécanisme permet à un homme seul de charger des arbres ou groupes d'arbres sur des camions ou des remorques.
Convoyeur pneumatique	- un mécanisme servant à transporter les matières solides en les déplaçant dans un courant d'air à travers un réseau de tuyauterie approprié.

Corde - une mesure conventionnelle de bois de chauffage et de bois à pâte qui correspond au volume de bois sous forme de bois rond (non fendu ni transformé en copeaux) qui peut être bien empilé en plaçant chaque morceau de bois parallèlement aux autres dans une pile de 4 pieds de largeur, 4 pieds de hauteur et 8 pieds de longueur. Le volume de la pile est 128 pieds cubes, mais à cause de l'espace libre entre les morceaux, le volume réel du bois solide est d'environ 85 pieds cubes.

Créosote - ce sont des dépôts qui se forment dans la cheminée à partir de gaz qui se condensent dans la fumée se dégageant du bois.

Bien souvent, la créosote se présente d'abord sous une forme liquide, mais elle sèche pour former des dépôts solides ou feuilletés très inflammables.

Débroussailleuse - une scie à chaîne portative à long manche utilisée pour abattre les arbustes et les broussailles en les coupant près du sol, tout en permettant à l'opérateur de rester debout plutôt que d'avoir à se pencher ou à s'agenouiller.

Débusqueuse - machine forestière solide tout terrain, à 4 roues motrices, qu'on utilise pour le transport des arbres du site d'abattage jusqu'au bord du chemin en les soulevant carrément au-dessus du sol.

Degrés-jours - un moyen servant à mesurer la rigueur de la saison froide dans une région géographique particulière et basé sur la température de 18° C. Les degrés-jours pour une journée en particulier sont calculés en établissant la différence entre la température moyenne pour cette journée et 18° C.

Densité - la masse (poids) d'une matière d'un volume donné, c.-à-d. kilogrammes par mètres cubes, livres par pieds cubes.

Eclaircie commerciale - enlèvement des arbres de dimensions suffisantes pour permettre de les vendre comme bois à pâte afin d'améliorer la croissance du peuplement sur pied.

Eclaircie précommerciale - enlèvement des petits arbres qui n'ont normalement aucune valeur marchande afin d'améliorer la croissance des arbres sur pied.

Excès d'air - la quantité d'air admise dans le brûleur qui excède la quantité théoriquement nécessaire pour réaliser la combustion.

Facteur de rendement	- on peut diviser par 24 le nombre d'heures de fonctionnement du brûleur dans une période de 24 heures. Ce rapport peut s'exprimer en pourcentage. Par exemple, un foyer mécanique qui fonctionne pendant 12 heures dans une journée en particulier a un facteur de rendement de 12 ÷ 24 = 0,5 ou 50 %.
Fût entier	- tige d'arbre, écimée et ébranchée, qui est transportée hors de la forêt sans la couper (tronc entier).
Kilowattheure (kWh)	- unité de puissance électrique servant à mesurer l'énergie; il s'agit de l'unité dont on se sert couramment pour mesurer l'énergie selon le système métrique international.
Mégajoule	- l'unité d'énergie dans le système métrique est le joule. Un mégajoule correspond à un million de joules et est équivalent à un peu plus d'un quart de kWh d'énergie.
Pelle de débusquage	- plaque d'acier incurvée à l'avant vers le haut, et qui supporte l'extrémité des grumes à traîner, empêchant qu'elles se fichent dans le sol.
Pouvoir calorifique maximal	- l'énergie qu'on peut tirer d'une quantité donnée de combustible par combustion complète et qui est refroidie au degré de température original en condensant sous forme liquide les vapeurs d'eau qui s'étaient formées.
Premier dépôt transitoire de copeaux	- un site déboisé dans la forêt qui est accessible aux camions routiers et jusqu'où les arbres sont transportés par des machines forestières puissantes tout terrain. Les arbres peuvent être transformés davantage ou chargés directement sur les camions en vue de les transporter à d'autres endroits.
Registre	- une plaque mobile qui peut glisser, se balancer ou pivoter, et qui sert de soupape pour régler à la fois le tirage de l'air nécessaire à la combustion et la sortie de la fumée provenant de l'appareil de chauffage au bois.
Registre barométrique	- un dispositif sous forme de plaque circulaire mobile habituellement disposée dans le tuyau de fumée entre la fournaise et la cheminée. Ce dispositif sert à régler le tirage dans le conduit de la fournaise.

Régulateur de tirage - voir registre barométrique (ci-dessus).

Rendement (de l'appareil) - le pourcentage ou la fraction d'énergie chimique contenue dans le combustible et qui est effectivement convertie en chaleur utile par la fournaise ou la chaudière.

Séchage biologique - abattage des arbres sans couper leur feuillage et en les laissant sur le sol pendant une certaine période de temps afin de permettre à l'humidité contenue dans le bois de se retirer et de s'évaporer à travers le feuillage.

Teneur en humidité - la fraction ou le pourcentage d'eau dans le bois qu'on peut calculer à partir du bois sec ou du bois humide.

$$\text{degré d'humidité (sec)} = \frac{\text{poids de l'eau enlevée dans un four de séchage}}{\text{poids du bois séché dans le four}} \times 100$$

ou

$$\text{degré d'humidité (humide)} = \frac{\text{poids de l'eau enlevée dans un four de séchage}}{\text{poids original du bois y compris son humidité}} \times 100$$

Tirage - la différence qui existe entre la pression d'air à l'intérieur et à l'extérieur d'une fournaise ou d'une cheminée. Il peut également s'agir de la circulation de l'air.

Tonne impériale - une unité de masse (poids) égale à 2 000 livres utilisée dans le système d'unités impérial. Egalement appelée tonne courte.

Tonne métrique - une unité de masse (poids) égale à mille kilogrammes (ou 2 200 livres) dans le système métrique international.

Tours-minute - révolutions par minute.

Tracteur-treuil - tracteur forestier tout terrain, solide, articulé, à quatre roues motrices, équipé de manière à pouvoir traîner ou débusquer les arbres du site d'abattage jusqu'au bord du chemin ou au premier dépôt transitoire.

Treuil - un mécanisme utilisant un câble métallique enroulé sur un tambour qui est fixé à un tracteur-treuil ou à un tracteur agricole et servant à hisser les arbres ou groupes d'arbres à partir du site d'abattage jusqu'au bord du chemin.

Vis d'alimentation

- un dispositif de chargement du combustible au moyen d'un mécanisme semblable à une vis disposée à l'intérieur d'un tuyau approprié et qui tourne dans ce dernier actionnée par un moteur.

Vrille

- la partie en forme d'hélice, de spirale, ou de filet de vis qu'on peut observer dans la vis d'alimentation. La vrille est fixée à un axe et introduite dans un tuyau où elle tourne sous l'effet rotatif de l'axe, ce qui lui permet de déplacer divers types de matières le long du tuyau.

ANNEXE II

TABLE DE CONVERSION

Densité du combustible

1 kg/m^3 (kilogramme par mètre cube) = 0,0621b/pi^3 (livre par pied cube)

= 0,001 g/cm^3 (gramme par centimètre cube)

Poids du combustible

1 kg = 2,205 1b

Équivalents énergétiques

1 kWh (kilowattheure) = 3 413 Btu (unité thermique britanique)

= 3,6 MJ (mégajoules)

Équivalents électriques

1 kW (kilowatt) = 3 413 Btu/h

= 1,341 horse-power (électrique ou mécanique)

= 0,102 horse-power de la chaudière

Équivalence: copeaux de bois - mazout

Mazout n° 2

100 gallons impériaux - représentent environ 16 700 000 Btu d'énergie
- exigent un espace d'environ 16 pieds cubes
La densité de la masse est d'environ 8,3 lb/pied cube
La valeur calorifique maximale est d'environ 19 500 Btu/lb ou 1 040 000 Btu/pi^3

Copeaux de bois dur, 20 % d'humidité (par rapport au bois sec),

Une tonne - représente environ 16 000 000 Btu d'énergie
- exige un espace d'environ 150 pieds cubes
La densité de la masse est d'environ 14,2 lb/pied cube (si les copeaux ne sont pas compressés)
La valeur calorifique maximale (à 0 % d'humidité) est d'environ 8 600 Btu/lb ou 100 000 Btu/pi^3

La valeur calorifique maximale à tout autre degré d'humidité = $\frac{8600 \text{ Btu/lb}}{1 + 0{,}01 \text{ degré d'humidité}}$

ANNEXE III

COURBES DU RENDEMENT DE LA COMBUSTION

Les courbes suivantes ont été tirées de l'ouvrage de R.C. Hill avec l'autorisation de l'auteur. (Voir l'annexe 5 pour la référence précise). Nous avons ajouté des échelles pour incorporer l'utilisation des unités métriques internationales et nous avons donné un nouveau titre aux figures III.2 à III.4, selon le degré d'humidité par rapport au bois sec.

Pour utiliser les courbes, il suffit de mesurer le pourcentage de CO_2 et la température du gaz dans la cheminée (voir la section 5.6 (c) et (d) dans le texte), et de trouver la teneur en humidité du combustible (voir la section 7.1). Si le temps ne permet pas de déterminer la teneur en humidité, il suffit d'utiliser la figure III.3, étant donné que les copeaux asséchés ont normalement un degré d'humidité d'environ 25 %.

1. Connaissant le CO_2, utiliser la figure III.1 pour obtenir le pourcentage d'excès d'air.
2. Choisir parmi les figures III.2 à III.4, selon la teneur en humidité. Connaissant le pourcentage d'excès d'air et la température du gaz dans la cheminée, utiliser le chiffre approprié pour obtenir le rendement de la combustion.

Consultez l'exemple donné dans la section 5.6 (f).

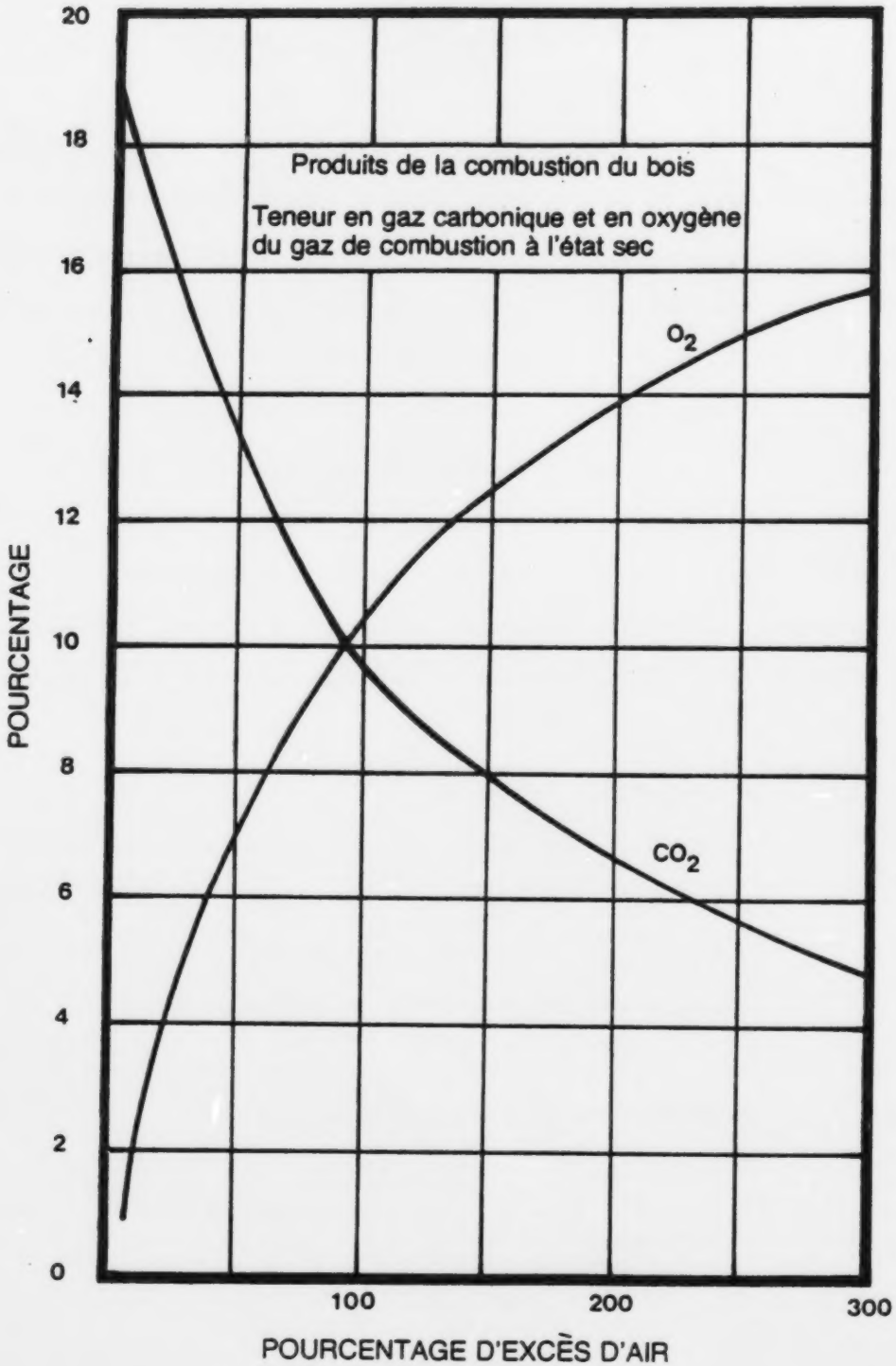
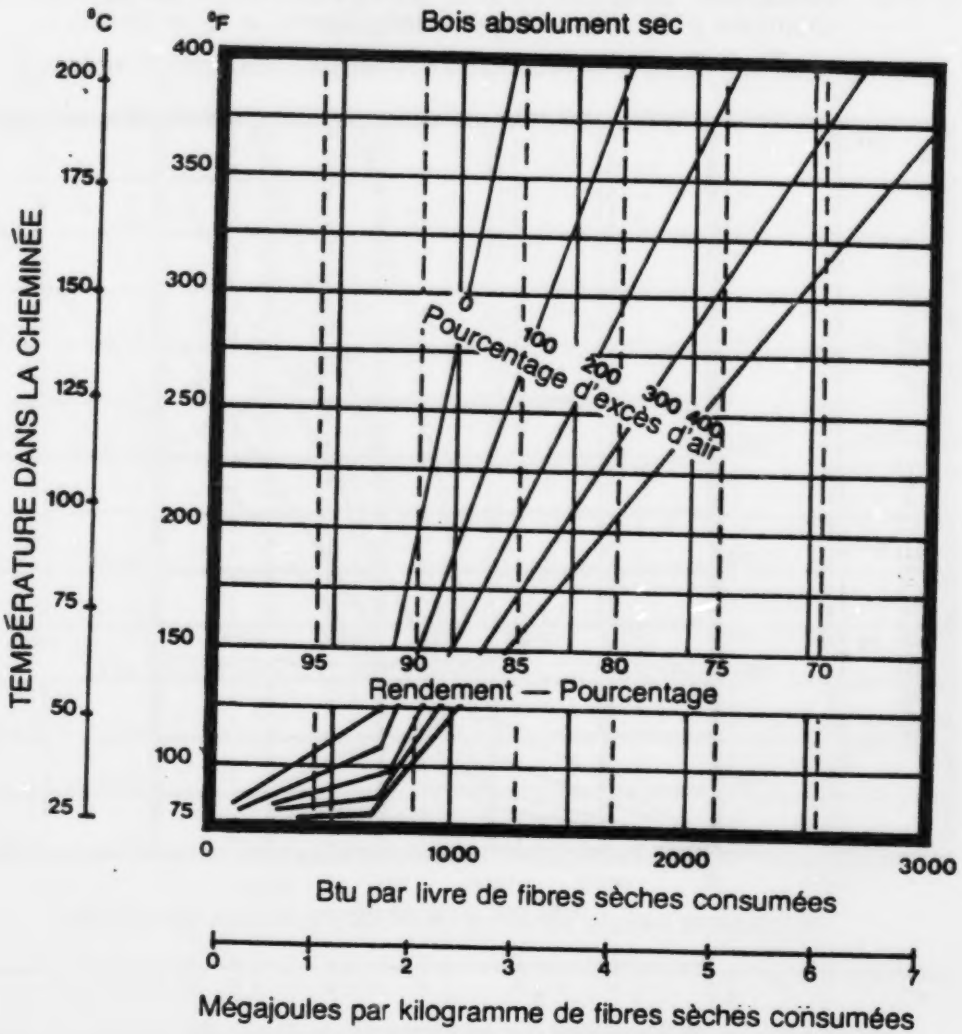


Figure III. 1
Courbes d'excès d'air

Le rendement et la perte de chaleur dans la cheminée provenant de la combustion complète du bois en fonction de la température dans la cheminée et du pourcentage d'excès d'air.

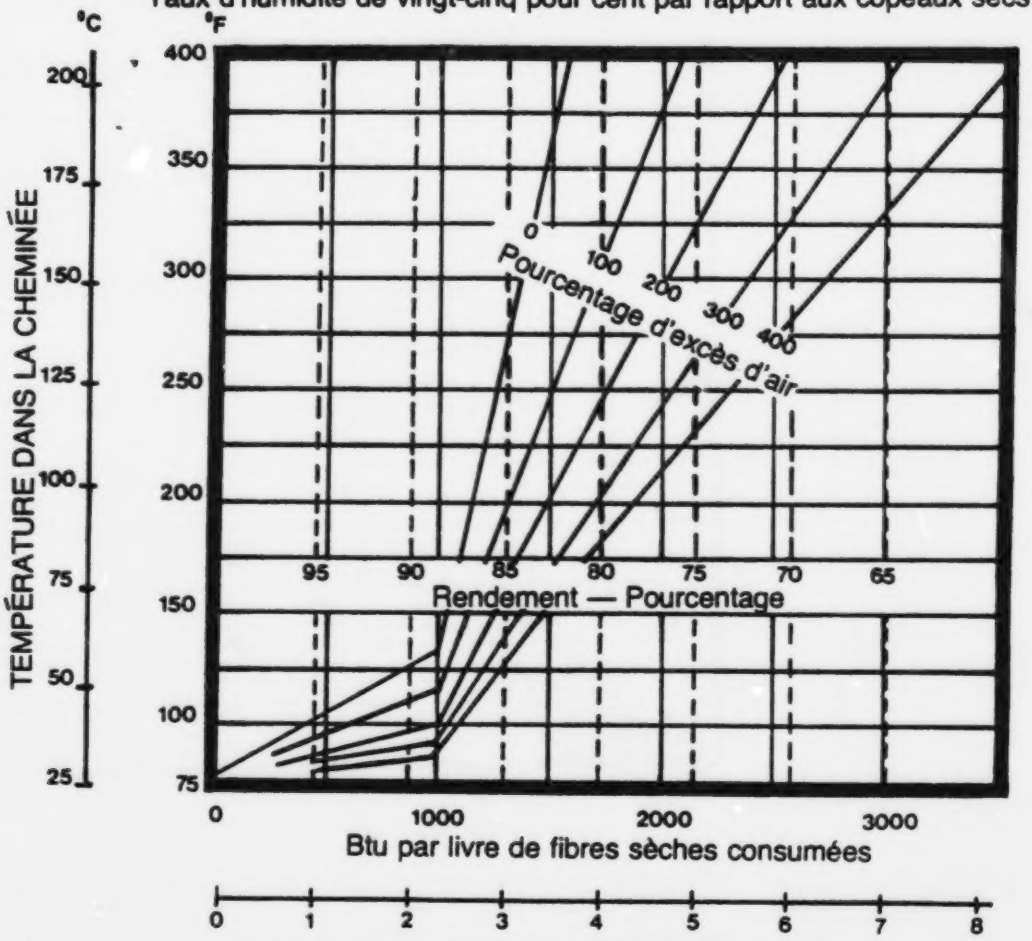


PERTE DE CHALEUR DANS LA CHEMINÉE

Figure III. 2

Le rendement et la perte de chaleur dans la cheminée provenant de la combustion complète du bois en fonction de la température dans la cheminée et du pourcentage d'excès d'air.

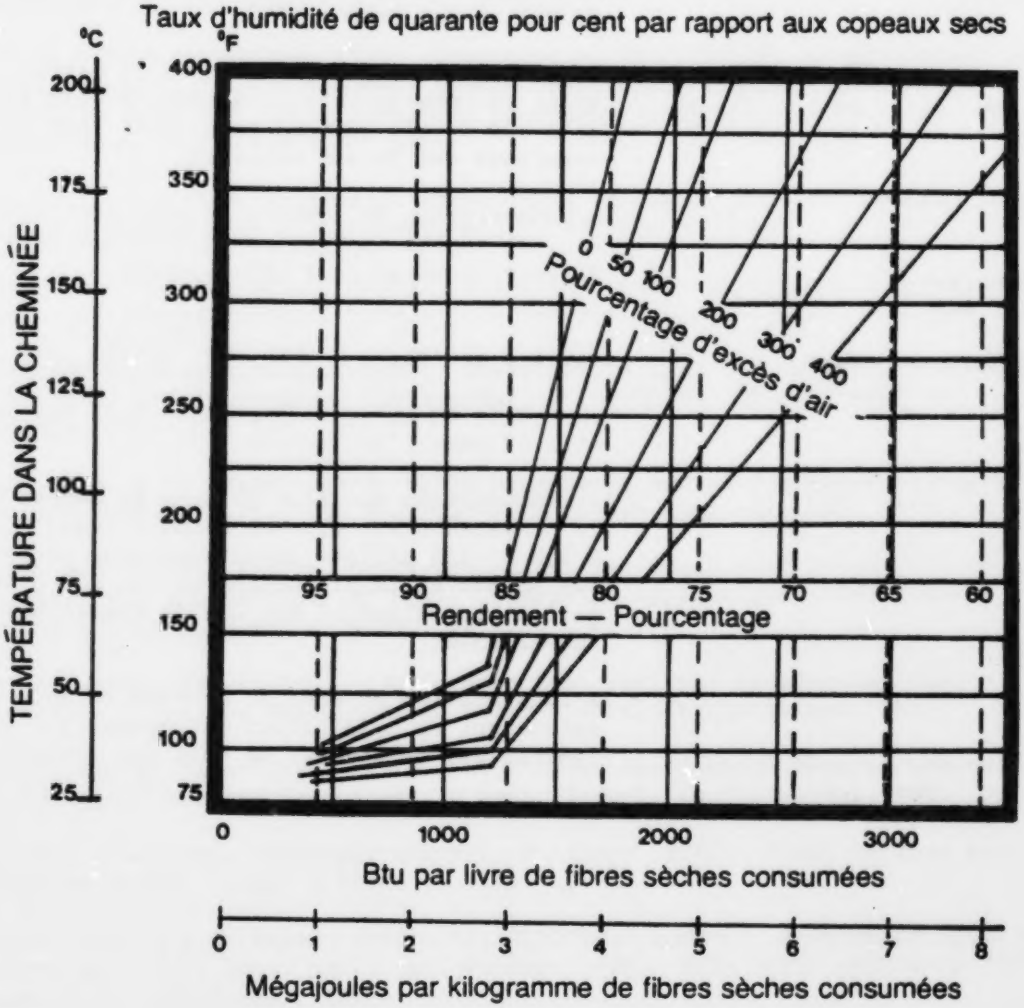
Taux d'humidité de vingt-cinq pour cent par rapport aux copeaux secs



PERTE DE CHALEUR DANS LA CHEMINÉE

Figure III. 3

Le rendement et la perte de chaleur dans la cheminée provenant de la combustion complète du bois en fonction de la température dans la cheminée et du pourcentage d'excès d'air.



PERTE DE CHALEUR DANS LA CHEMINÉE

Figure III. 4

ANNEXE IV

PARTICULARITÉS RELATIVES AUX MAISONS DE FREDERICTON CHAUFFÉES À L'AIDE DE FOYERS MÉCANIQUES ALIMENTÉS AUX COPEAUX DE BOIS
(Le climat comporte 4 700 degrés-jours Celsius de chauffage)

1. Type de maison:

- 1½ étage, 131,5 m^2 (1415 pi^2)
- construite en 1840, isolée selon les normes du milieu des années 1950
- la consommation annuelle moyenne de mazout avant la conversion aux copeaux de bois était de 3 900 l (850 gallons impériaux) pour le chauffage des locaux seulement
- la consommation de copeaux de bois est maintenant de 7,35 tonnes impériales (8,1 tonnes métriques) de bois séché au four annuellement.

2. Type de maison:

- entrée à mi-étage, 107 m^2 (1 150 pi^2)
- construite en 1971, isolant R-12 dans les murs et R-40 dans l'entre-toit
- la consommation annuelle moyenne de mazout avant la conversion aux copeaux de bois était de 4 160 l (915 gallons impériaux) pour le chauffage des locaux et la production de 132 000 l (29 000 gallons impériaux) d'eau chaude domestique annuellement
- la consommation moyenne de copeaux de bois est maintenant de 8,33 tonnes métriques (9,2 tonnes impériales) de copeaux de bois dur annuellement

ANNEXE V

GUIDE D'OUVRAGES À CONSULTER
(On peut se procurer la plupart des ouvrages suivants auprès de leur éditeur)

Comité associé du Code national du bâtiment, Conseil national de recherches du Canada. 1977. Code canadien du chauffage, de la ventilation et du conditionnement d'air; sous-sections 2.3-5 et 9.34.2-10. CNRC n° 15560, CNB, Ottawa (Ontario).

Beijbom, L. & M. Nilson. 1979. Chip heating of farms and single family homes. Silviconsult Ltd., 230 Bjarred, Sweden (Swedish). English translation available from Continuing Education in Forestry, Faculty of Forestry, UNB, Fredericton, N.B. E3B 6C2. 50p.

Bramhall, G. & R.W. Wellwood. 1976. Kiln drying of western Canadian lumber. Forintek Canada Corp., Vancouver, B.C. V6T 1X2. 112 p.

Canadian Standards Assoc. 1981. Solid-fuel fired appliances for residential use. CSA Standard B366.1-M1981. 178 Rexdale Boul., Rexdale, Ont. M9W 1R3.

Canadian Standards Assoc. 1980. Installation code for solid-fuel burning appliances and equipment. CSA Standard B 365-M1980. 178 Rexdale Boul., Rexdale, Ont. M9W 1R3.

Cech, M.Y. & F. Pfaff. 1977. Kiln operator's manual for eastern Canada. Forintek Canada Corp., 800 Montreal Rd., Ottawa, Ont. K1G 3Z5. 189 p.

Hill, R.C. 1979. Design, Construction and Performance of Stick Wood Fired Furnace for residential and Small Commercial Application. University of Maine, Orono, Maine 04469, U.S.A.

Island Energy Associates. 1981. Wood Chip Fuel for Residential Use. Institute of Man and Resources, 50 Water Street, Charlottetown, PEI.

Island Energy Associates. 1979. Wood Fired Residential Heating Demonstration. Institute of Man and Resources, 50 Water Street, Charlottetown, PEI.

Miller, D.A., M.H. Schneider and N.L. Whitney. 1982. Fungi on fuel wood chips in a home. Wood & Fiber 14 (1).

Rietz, R.C. & R.H. Page. 1971. Air drying of lumber: a guide to industry practices. U.S. Dept. Agr., Agr. Handbk. 402. U.S. Govt. Printing Off., Wash. D.C. 20402 USA. 110 p.

Schneider, M.H. 1980. A Wood-Chip Fired Hot-Air Home Heating System. Proc. of the Joint Solar Conference. Vancouver, B.C. (SESCI).

Shelton, J.W. 1979. Wood heat safety. Garden Way Publishing, Charlotte, Vt. 05445. USA. 165 p.

Short, C.A. 1981. Home Heating with Wood Chips. Proc. Intnl. Conf. on Residential Solid Fuels, Oregon Graduate Confer. Beaverton, Oregon, U.S.A.

U.S. Dept. of Agriculture. 1979. A guide to the recent literature on aspergillosis as caused by Aspergillus fumigatus. Science & Education Admin., Agric. Reviews & Manuals, N.E. Series No. 5 Available: Biological Waste Mgt. & Organic Resources Lab., Beltsville Agric. Res. Center W., Beltsville, Md. 20705, USA.

ANNEXE VI

INDEX PERSONNEL

Sujet	Page #